

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Факультет електроніки
Кафедра електронної інженерії


До захисту допущено
Завідувач кафедри
_____ В. І. Тимофєєв
“__” _____ 20__ р.

Дипломна робота

освітнього рівня «бакалавр»
за спеціальністю 153 мікро- та наносистемна техніка


на тему: «Компактна електронна система підтримання мікроклімату»

Виконав: студент 4 курсу, групи ДМ-61
Кострубіцький Денис Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)




(підпис)

Керівник ст.вик., к.т.н. Голубєва І. П.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)



(підпис)

Рецензент доцент, к.ф.н. Олена АБАКУМОВА
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)



(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент 

(підпис)

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Факультет електроніки
 Кафедра електронної інженерії
 Освітній рівень «бакалавр»
 за спеціальністю 153 мікро- та наносистемна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В. І. Тимофєєв
 “ ____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Кострубіцькому Денису Олександровичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Компактна електронна система підтримання мікроклімату»
 керівник роботи Голубєва Ірина Петрівна, ст.вик., к.т.н
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “25” травня 2020 року № 1196

2. Строк подання студентом роботи: 12 червня 2020 року.

3. Вихідні дані до роботи: досліджені параметри мікроклімату, друкована плата, програмний код, електрична принципова схема приладу двох варіантів, зображення розведення друкованої плати двох версій, скляний прототип грінхаус боксу, готовий пристрій системи мікроконтролю клімату.

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити): мікроклімат, як середовище існування; необхідність створення системи контролю мікроклімату для різних сфер; основні параметри мікроклімату; основні датчики та актюатори, їх принцип роботи; огляд мікроконтролера, його апаратна платформа та середовище програмування Arduino IDE; розроблення функціональної та електричної принципової схеми приладу; налагодження роботи на макетній платі та реалізація програмного коду; посібник по користуванню приладом; створення друкованої плати декількох варіантів з монтуванням на них компонентів; налагодження роботи пристрою; проектування та створення скляного грінхаус боксу.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо): слайди презентації для захисту.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв


7. Дата видачі завдання: «13» квітня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Мікроклімат та його основні параметри. Сфери застосування системи підтримання мікроклімату. Потенційно можливі актюатори та датчики	13 квітня 2020	
2	Огляд платформи Arduino Nano та середовища розробки Arduino IDE. Визначення основних компонентів пристрою та розробка функціональної схеми приладу	20 квітня 2020	
3	Реалізація електричної схеми на макетній платі, перевірка роботи всіх компонентів та створення програмного коду	27 квітня 2020	
4	Налагодження роботи програмного коду та створення друкованої плати приладу	4 травня 2020	
5	Тестування приладу	18 травня 2020	
6	Оформлення дипломної роботи	31 травня 2020	
7	Проходження перевірки на плагіат та нормоконтроль	1 червня 2020	

Студент

(підпис)

Кострубіцький Д. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Голубєва І. П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 833 с., 3 ч., 11 табл., 50 рис., 6 дод., 19 джерел.

МІКРОКЛІМАТ, СИСТЕМА ПІДТРИМАННЯ МІКРОКЛІМАТУ, ARDUINO NANO, ARDUINO, ГРІНХАУС БОКС, ДРУКОВАНА ПЛАТА, КОНТРОЛЬ, ДАТЧИК, АКТЮАТОР, МОДУЛЬ, EASYEDA.

В даній дипломній роботі з допомогою мікроконтролера на платформі Arduino Nano було реалізовано компакту систему підтримання мікроклімату житлових, офісних, промислових та тепличних приміщеннях. Розглянуто декілька систем з різними параметрами. Виділивши необхідні параметри для контролю мікроклімату було підібрано певні датчики та виконавчі пристрої.

В першому розділі дипломної роботи були розглянуті параметри мікроклімату, платформу Arduino та її технічні особливості, а також середовище програмування Arduino IDE. З певних міркувань було вирішено створити компакту систему підтримання мікроклімату для рослин, грінхаус бокс.

В другому розділі розроблено структурну схему приладу, розглянуто недоліки та переваги різних методів контролю параметрів системи, а також створено електричну принципову схему на онлайн платформі EasyEDA. Було зібрано прилад на макетній платі та реалізовано програмний код, що дало змогу дослідити працездатність та функціональність системи.

В третьому розділі роботи з допомогою електричної схеми було спроектовано друковану плату та створено в домашніх умовах. Після монтажу всіх компонентів пристрій виявився не повністю працездатним, тому було спроектовано та виготовлено нову плату.

Кінцевим результатом є зібраний компактний прилад на друкованій платі, який дає змогу підключати різноманітні датчики та актюатори. Заразом було створено скляний грінхаус бокс для розміщення в ньому приладу.

ABSTRACT

Diploma work: 83 p., 3 p., 11 tables, 50 figures, 6 app., 19 references.

MICROCLIMATE, CLIMATE SUPPORT SYSTEM, ARDUINO NANO, ARDUINO, GREENHOUSE BOX, PRINTED BOARD, PCB, CONTROL, SENSOR, MODULE, EASYEDA.

In this diploma work microclimate control system was created with the help of microcontroller on the Arduino Nano platform. It is supposed to be used in office, industry and greenhouse applications. Several possible system configurations were compared. Special sensors and actuators were chose by highlighting necessary parameters for monitoring of the microclimate.

The first part of the work presents analysis of all parameters of microclimate, the Arduino platform and the technical features, as well as the middleware of the Arduino IDE. It was decided to develop demo of compact system of maintaining microclimate for plants, greenhouse box, because it will allow me to make this project by myself and test it.

Next section presents structural scheme and review of different ways of improvements with sensors and actuators. Following structural scheme we were able to assemble the electronic circuit scheme on the online platform EasyEDA. Next step was to manage all components on breadboard and write program sketch for correct work of all components.

In the last part of the work printed circuit board was designed and manufactured for the developed electric circuit. After installing all of components on PCB, I found out that the quality of this prototype was poor and didn't work well. To solve this problem I decided to design and create a new board.

The result of my work is compact device for autonomic control of microclimate in greenhouse box. In addition, small glass box was created to demonstrate work of current system.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	8
ВСТУП	9
1 МІКРОКЛІМАТ	11
1.1 Мікроклімат та його параметри	11
1.2 Методи контролю мікроклімату	12
1.2.1 Датчик температури	14
1.2.2 Датчик вологості повітря (гігрометр)	17
1.2.3 Датчик вмісту вуглекислого газу	19
1.2.4 Датчик освітлення (фотоприймач)	19
1.2.5 Датчик вологості ґрунту	20
1.2.6 Елемент Пельт'є	21
1.2.7 Ультразвуковий розпилювач води (п'єзоелектричний)	22
1.3 Процесорний блок	23
1.3.1 Вибір мікропроцесора	23
1.3.2 Платформа Arduino	24
1.3.3 Апаратна частина платформи Arduino	25
1.3.4 Версії платформи Arduino	26
1.3.5 Огляд мікроконтролера Arduino Nano	28
1.3.6 Середовище програмування – Arduino IDE	33
1.4 Висновок до першого розділу	35
2 РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ	36
2.1 Розроблення функціональної схеми пристрою	36
2.1.1 Реле	38
2.1.2 Інфрачервоний приймач та пульт	40
2.1.3 Модуль часу	42
2.1.4 LCD Дисплей	42
2.2 Розгляд можливих вдосконалень приладу	44
2.3 Розроблення електричної схеми приладу	45
2.4 Програмний код та його налагодження	49
2.5 Посібник по користуванню приладом	52

2.6	Висновок до другого розділу	56
3	СТВОРЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ПРИЛАДУ	57
3.1	Середовище для створення друкованої плати	58
3.2	Етапи при створенні друкованої плати	60
3.3	Створення компактного грінхаус боксу	67
3.4	Висновок до третього розділу	68
	ВИСНОВКИ	69
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	70
	Додаток А	72
	Додаток Б	73
	Додаток В	74
	Додаток Г	75
	Додаток Д	76
	Додаток Е	83

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- АЦП – аналого-цифровий перетворювач
- ГОСТ – государственный стандарт
- ІЧ – інфрачервоний спектр випромінювання
- MEMS – мікроелектромеханічні системи
- МК – мікроконтролер
- ОС – операційна система
- ПЗ – програмне забезпечення
- УФ – ультрафіолетове випромінювання
- ШІМ – широтно-імпульсна модуляція
- DC – direct current (постійний струм)
- GND – GrouND (шина землі)
- I2C(TWI) – Inter-Integrated Circuit (схема внутрішнього зв'язку)
- IDE – Integrated Development Environment
- IoT – Internet Of Things (інтернет речей)
- PCB – Printed Circuit Board (друкована плата)
- SPI – Serial Peripheral Interface (послідовний периферійний інтерфейс)
- SRAM – Static Random Access Memory (енергозалежна пам'ять)
- UART – Universal Asynchronous Receiver/transmitter (універсальний асинхронний приймач/передавач)
- USB – Universal Serial Bus (універсальна послідовна шина, призначена для з'єднання комп'ютерів і периферійних пристроїв)
- VCC – Voltage Collector-to-Collector (шина живлення)

ВСТУП

Середовище виживання, а саме клімат навколишнього середовища призвів до еволюції організмів. Із покон віків, саме клімат визначав територію існування. З часом, організми навчилися відчувати щонайменшу зміну мікроклімату, що забезпечило їм виживання.

Людина навчилася будувати будинки, а з цим і контролювати мікроклімат, але на даний момент є проблема якісного контролю мікроклімату.

За останнє десятиліття в Україні, особливо в містах, різко зросла кількість офісних будівель. Офісні працівники на даний момент займають 70-80 % від всього працездатного населення.

Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату офісних приміщень (температура повітря, температура поверхонь, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання, вміст CO_2) потрібно використовувати спеціальні технічні засоби.

Наслідками неефективної вентиляції є зниження вмісту кисню і збільшення CO_2 в повітрі, підвищення вологості і конденсації вологи на охолоджених поверхнях (стіни, скло, стеля), яка створює сприятливе середовище для розвитку грибків і плісняви. Використання неякісної теплоізоляції або неправильне її розміщення призводить до погіршення параметрів мікроклімату та хімічного складу повітря.

Основним показником якості повітря в житлових і громадських приміщеннях є рівень концентрації CO_2 . Вуглекислий газ виступає в якості газо-індикатора, за яким можна оцінювати наявність інших токсичних речовин в повітрі і оцінювати ефективність роботи вентиляційної системи приміщення. Чим більше вуглекислого газу, тим гірше працює вентиляційна система і тим більше в повітрі токсичних речовин, різних бактерій, грибків.

Основні симптоми впливу підвищеної концентрації CO_2 на організм людини: відчуття нестачі свіжого повітря, головний біль, втома, запаморочення,

погана концентрація уваги, апатія, відчуття жару, подразнення очей і носоглотки, поганий сон. При тривалій дії підвищених концентрації CO₂ на організм (5-10 років) у людини відзначається зниження імунітету, захворювання крові і серцево-судинної системи, збільшення ваги, діабет, крихкість кісток, синдром хронічної втоми.

В правильно облаштованому офісі працівникам не тільки зручно працювати фізично, а й психологічно комфортно. Це стимулює розумовий і творчий процеси, в результаті чого підвищується продуктивність праці і створюється позитивна робоча обстановка [1].

Так і для рослин, не дивлячись на їх здатність до адаптації, вони потребують певних умов для свого існування та нормального розвитку. Важливими параметрами мікроклімату для рослин є температура, вологість повітря, освітленість, газовий склад атмосфери та вологість ґрунту.

У природі дотримання умов сприятливого мікроклімату можливе лише у певні пори року. За межами цих пір року, а також при вирощуванні рослин, що пристосовані до життя у інших широтах, необхідно вдаватися до заходів штучного підтримання мікроклімату. Прикладами може бути вирощування несезонних овочів, фруктів, а також рідкісних та екзотичних рослин.

Запровадивши електронну систему точного підтримання мікроклімату, як для робітників, так і для рослин, ми прямим чином збільшимо їх продуктивність(врожайність), що принесе ще більший прибуток та збереже ресурси. У випадку роботодавця це ресурси, що були б необхідні на реабілітацію та відновлення психологічного та фізичного стану. Отже точне підтримання мікроклімату – це економія ресурсів.

1 МІКРОКЛІМАТ

1.1 Мікроклімат та його параметри

Мікроклімат— це комплекс фізичних факторів внутрішнього середовища приміщення, які впливають на тепловий обмін організму і здоров'я людини.

Основні показники мікроклімату:

1. Температура повітря;
2. Відносна вологість повітря;
3. Газовий склад атмосфери (зокрема, вміст вуглекислого газу);
4. Освітленість;
5. Потужність теплового випромінювання.

Вплив комплексу мікрокліматичних факторів відображається на тепловому відчутті людини. Температурний вплив, що виходить за межі нейтральних коливань, викликає зміну тону м'язів, периферичних судин, діяльності потових залоз, теплопродукції. При цьому постійність теплового балансу досягається за рахунок значного напруження терморегуляції, що негативно відображається на самопочутті, роботі спроможності людини, її стану здоров'я.

Оптимальні параметри мікроклімату — це співвідношення значень показників мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину забезпечують нормальний тепловий стан організму при мінімальному напруженні механізмів терморегуляції і відчуття теплового комфорту не менше чим у 80 % людей, що знаходяться в приміщенні. До допустимих параметрів мікроклімату віднесені такі поєднання показників, які при тривалому і систематичному впливі на людину можуть викликати загальне і локальне відчуття дискомфорту, погіршення самопочуття і знижена працездатність при підвищеному напруженні механізмів терморегуляції і не викликають пошкоджень або погіршення стану людини.

Значення оптимальних і допустимих норм мікроклімату в обслуговуваній зоні приміщень (в встановлених розрахункових параметрах зовнішнього повітря)

наведені в ГОСТ'і для наступних показників: температура, швидкість руху, відносна вологість повітря; результуюча температура приміщення; локальна асиметрія результуючої температури [2].

У випадку з рослинами, вони є більш вибагливими до зовнішніх умов, оскільки, на відміну від офісного працівника, вони не можуть подбати про свій комфорт. По-перше, забезпечивши штучне підтримання мікроклімату рослин, ми зможемо вирощувати найвибагливіші різновиди рослин та грибів. Прикладом може бути вирощування несезонних фруктів та овочів, екзотичних рослин, що пристосовані до існування в інших широтах, навіть, грибів, які особливо вибагливі до кожного з параметрів мікроклімату.

По-друге, дана система може забезпечити максимальну врожайність агрокультур протягом всього року, не зважаючи на зміну сезонів.

По-третє, вона вбереже врожай від нашествия шкідників, таких як: саранча, тля, мурахи т. д.

1.2 Методи контролю мікроклімату

За вимірювання параметрів мікроклімату відповідатимуть датчики., які можна розділити на цифрові та аналогові. У випадку цифрового датчика результат можна, без жодних перетворень, вивести в значеннях параметру (% , °C...). При використанні аналогового датчика необхідно буде використати певну функцію для перетворення отриманого сигналу або відштовхуватися, напрямку, від самого аналогового значення (0...1023).

Отримані значення оброблятимуться мікроконтролером (МК), який в свою чергу порівнюватиме отримані сигнали та коригуватиме їх шляхом виконавчих підсистем. Відповідно, буде формуватися сигнал на певному виході МК, який в подальшому впливатиме на необхідний виконавчий пристрій (актюатор).

Спочатку розглянемо параметри, які необхідно контролювати у випадку системи контролю мікроклімату для рослин.

Основні параметри ПАРНИКОВОГО мікроклімату:

- 1 Температура повітря;
- 2 Вологість повітря;
- 3 Вміст газового складу атмосфери;
- 4 Освітленість;
- 5 Вологість ґрунту.

Вимірювати та відповідати за зміну цих параметрів буде відповідний датчик та актюатор:

- 1 Датчик температури – термоелемент, електрообігрівач, газовий котел...;
- 2 Датчик вологості повітря – ультразвуковий розпилювач води;
- 3 Датчик складу газу – система вентиляції, провітрювання вікнами;
- 4 Датчик освітлення (фотоприймач) – лампи, LED-стрічки;
- 5 Датчик вологості ґрунту – водяна помпа.

Далі розглянемо варіант для ОФІСНОГО, ЖИТЛОВОГО підтримання мікроклімату:

- 1 Температура повітря;
- 2 Вологість повітря;
- 3 Вміст вуглекислого газу.

Рациональність використання виконавчих пристроїв залежить від розміру приміщення, а також навколишнього середовища. Таким чином для контролю температури в грінхаус боксі (компактний парник розміром 50х50х50см), ми можемо використати елемент Пельт'є, повітряний тен або навіть деякі лампи. Такий бокс може житися від 12В і, навіть, від акумуляторів. Завдяки його невеликим розмірам, створення даного грінхаус боксу набагато спрощує реалізацію даного приладу.

А ось для обігріву котеджу потрібно використовувати газовий або електричний котел, який керується напругою в 220В.

Управління виконавчими пристроями, в основному, буде відбуватися за допомогою електромагнітного реле, яке далі керуватиме необхідним навантаженням, а в особливих випадках, наприклад, потрібно плавно змінювати яскравість ламп, це може бути польовий транзистор.

Визначимо необхідні діапазони параметрів мікроклімату для вибору того чи іншого датчика:

- Температура: від 5 до 40°C;
- Вологість повітря: від 20 до 80%;
- Освітлення: не має особливих вимог (від 10 до 100 пунктів);
- Вологість ґрунту: не має особливих вимог (від 10 до 100 пунктів).

При виборі актюатора, необхідно звернути увагу на його потужність, щоб він зміг забезпечити підтримання параметрів в необхідному для нас діапазоні.

Розглянемо потенційно можливі типи сенсорів та актюаторів детальніше. Елементарні компоненти такі як: кулери, водяні помпи, тенти та лед-стрічки розглядатися не будуть, за їх простоти та використанні у повсякденності.

1.2.1 Датчик температури

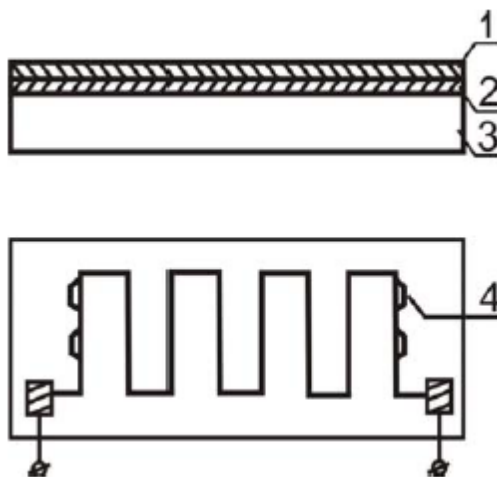
Одним з найважливіших різновидів датчиків є датчики температури, оскільки багато процесів в тому числі і в повсякденному житті регулюються температурою. Окрім того шляхом вимірювання температури можливо опосередковано вимірювати інші параметри.

При використанні такого роду датчиків температура вимірюється, як правило, на підставі залежності його електричного опору від температури. В залежності від того зростає чи підвищується електричний опір датчика при зростанні температури виділяють датчики з додатнім або від'ємним температурним коефіцієнтом опору (ТКО).

Датчики температури за принципом дії та виготовлення можна поділити на:

- терморезистори: термоперетворювачі опору;
- термоелементи (термопари): термоелектричні перетворювачі;
- датчики температури на основі напівпровідникових структур;
- болометри;
- піроелектричні перетворювачі;
- волоконно-оптичний сенсор.

Кожен з них має свої переваги та недоліки. Терморезистори для точного вимірювання температури в діапазоні від -200 до $+850^{\circ}\text{C}$ найчастіше виготовляють з нікелю чи платини, як наслідок висока ціна. Вимірювання температури за допомогою кремнієвих датчиків привертає особливу увагу в разі масового застосування оскільки вони суттєво дешевші за інші датчики і мають великий температурний коефіцієнт. Недоліками кремнієвих датчиків є менший діапазон вимірювальних температур і більша нелінійність. Однак для певних застосувань ці недоліки мають другорядне значення [3]. Структуру планарного датчика можна спостерігати на рис. 1.1.



1 – підкладка Al_2O_3 (сітал); 2 – адгезійний шар Ti ; 3 – тонка плівка Ni , напилена вакуумним методом; 4 – бокові елементи, які служать для прецизійної підгонки номіналу.

Рисунок 1.1 – Структура датчика температури

Для даного пристрою візьмемо тонкоплівковий сенсор температури, який було створено на третьому році навчання в курсі «Електронні сенсори». Цей терморезистор (рис. 1.2) був виготовлений за технологією фотолітографії. Також можна буде перевірити в роботі термістор (рис. 1.3) з його параметрами (таб. 1.1).

Як основний датчик температури буде використано DHT11, який в свою чергу також вимірює вологість повітря.



Рисунок 1.2 – Власноруч виготовлений терморезистор



Рисунок 1.3 – Термістор NTC-MF52AT

Таблиця 1.1 – Характеристики NTC-MF52AT

Діапазон робочих температур	від -30 до $+125^{\circ}\text{C}$
Номінальний опір	10 кОм
ТКО	від'ємний

1.2.2 Датчик вологості повітря (гігрометр)

Гігрометри можна розділити на дві групи:

1. Гігрометри, засновані на фізичному законі, що дозволяє безпосередньо визначати вологість: конденсаційні гігрометри, психометри, електролітичні та сорбційні гігрометри.

2. Гігрометри, принцип дії яких заснований на вимірюванні властивості тіл, які пов'язані з вологістю, наприклад імпедансні гігрометри. Такі гігрометри дозволяють у відповідності до принципів закладених у їх основу визначити один з параметрів вологого повітря:

а) температуру точки роси, що визначається конденсаційними, сорбційними і електролітичними гігрометрами, а також гігрометрами на основі оксиду алюмінію;

б) температуру вологого термометра, що вимірюється психометрами;

в) відносну вологість U (%), що визначається гігрометрами на основі зміни опору і ємності.

Порівняння різних типів гігрометрів ускладнено, оскільки вони призначені для визначення різних параметрів вологого повітря [3]. Структуру датчика зображено на рисунку 1.4.

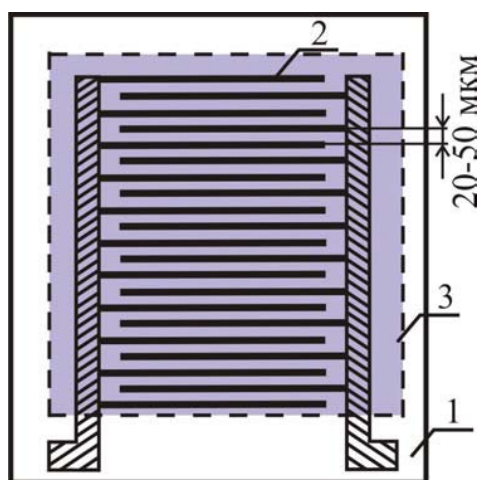


Рисунок 1.4 – Структура планарного ємнісного датчика вологості

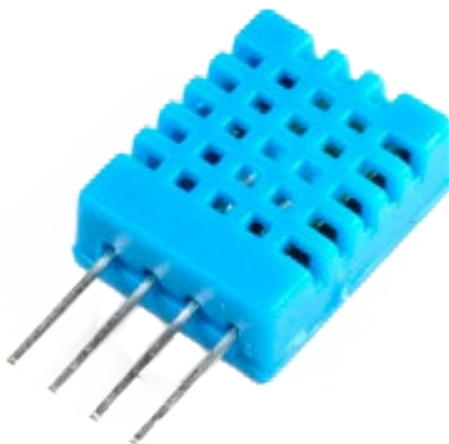


Рисунок 1.5 – Датчик вологості повітря та температури DHT11

Датчик DHT11 – це цифровий датчик вологості (рис. 1.5), а також температури, що дозволяє калібрувати сигнал на виході. Складається з ємнісного датчика вологості і термістора. Для перетворення аналогового сигналу з МЕМС використовується АЦП, що дозволяє отримати цифровий сигнал. У таблиці 1.2 наведено характеристики цього датчика та його розпіновку.

Таблиця 1.2 – Характеристики DHT11

Живлення	3.5-5.5 В
Визначення вологості	20-90 % RH \pm 5 % (макс.)
Визначення температури	0-50 °C \pm 2 % (макс.)
Частота опитування	не більше 1 Гц
Розміри	15.5 x 12 x 5.5 мм
Виведення	VCC (3-5В живлення) Data Out – Вихід даних NC – не використовується GND – земля

При підключенні до МК, можна між виводами Vcc і Data розмістити підтягуючий резистор номіналом 10 кОм [4].

1.2.3 Датчик вмісту вуглекислого газу

Датчик газу MQ-135 – датчик контролю якості повітря, допомагає у виявленні шкідливих речовин (вуглекислий газ, чадний газ, аміак, бензол, оксид азоту та пари спирту). Напруга на виході модуля підвищується зі збільшенням концентрації газу в повітрі.



Рисунок 1.6 – Датчик газу MQ-135

1.2.4 Датчик освітлення (фотоприймач)

Фотоприймач поділяють на:

- фоторезистор
- фотодіод
- фототранзистор

Фоторезистор – це напівпровідниковий резистор, принцип дії якого базується на зміні опору напівпровідника під дією світла. В основі роботи фоторезистора лежить явище поглинання оптичного випромінювання напівпровідником та фотопровідності [3]. Структура даного фоторезистора (рис 1.7) подібна до ємнісного датчика вологості.

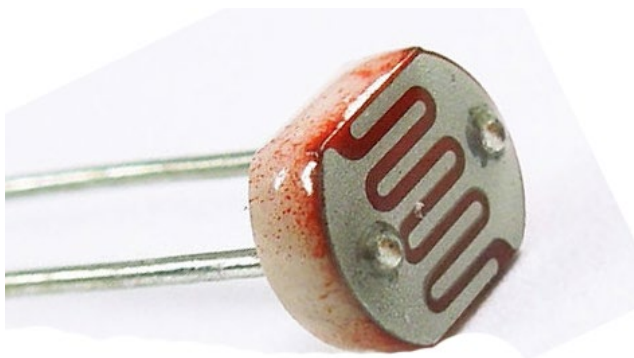


Рисунок 1.7 – Фоторезистор номіналом в 1кОм

1.2.5 Датчик вологості ґрунту

Це пристрій для вимірювання вологості ґрунту, де між двома електродами створюється невелика напруга. При зміні вологості ґрунту змінюється і опір між електродами, з допомогою дільника напруги, можна дізнатися про стан ґрунту. На рисунку 1.8 зображено схему підключення даного датчику.

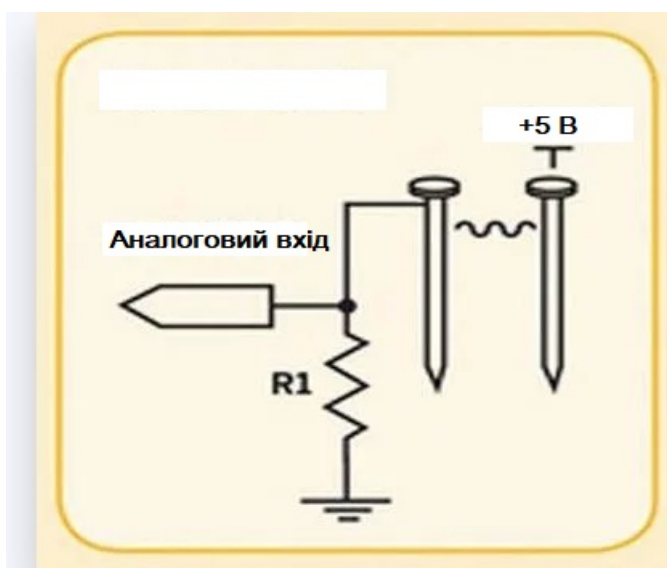


Рисунок 1.8 – Схема датчика вологості

1.2.6 Елемент Пельт'є

Принцип роботи елемента Пельт'є заснований на ефекті Пельт'є. Під дією електричного струму він здатний створювати різницю температур на своїх сторонах. Якщо поле сприяє проходженню електричного струму, то необхідна для цього енергія відбирається у речовини і призводить до охолодження в місці контакту. Якщо контактне поле перешкоджає проходженню струму, то зовнішнє джерело витрачає додаткову енергію, яка виділяється в місці контакту і призводить до його нагрівання (рис 1.9) [3]. Виріб виглядає компактно (рис. 1.10), а його характеристики можна побачити у таблиці 1.3.

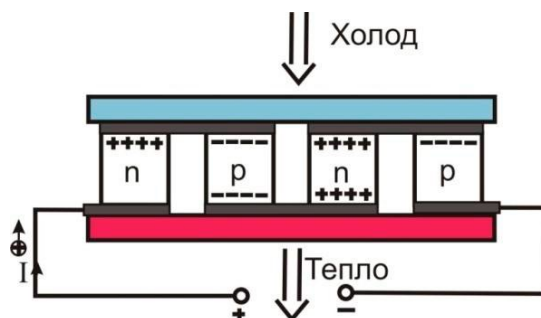


Рисунок 1.9 – Структура елемента Пельт'є

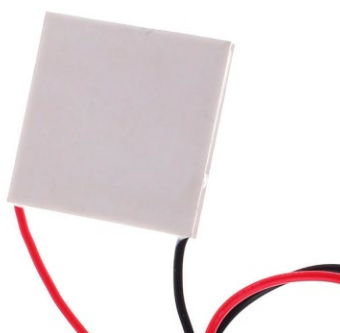


Рисунок 1.10 – Елемент Пельт'є

Таблиця 1.3 – Характеристики елемента Пельт'є

Максимальна різниця температур	66 °C
Максимальний струм споживання	6,4 А
Максимальна напруга	14,4 В

1.2.7 Ультразвуковий розпилювач води (п'єзоелектричний)

П'єзоелектрики – це діелектрики, які мають яскраво виражений п'єзоелектричний ефект. Під дією напруги елемент буде змінювати свою форму таким чином, що «вибиваючи» капельки води з поверхні він буде створювати водяну пару. Для роботи п'єзоелектрика (рис. 1.11) необхідний драйвер який генерує напругу з частотою 110 кГц та амплітудою 5-10 В. Характеристики п'єзоелектрика наведено в таблиці 1.4.



Рисунок 1.11 – Ультразвуковий розпилювач води

Таблиця 1.4 – Характеристики розпилювача води

Діаметр	16мм
Потужність	1.5 Вт
Резонансна частота	108.0±5.0 кГц
Резонансний імпеданс	150 Ом
Вхідна напруга	5~13В DC
Продуктивність	50~100 мл/год

Огляд потенційно можливих сенсорів та актюаторів, дає змогу остаточно визначитися з комплектацією приладу. У зв'язку з наявністю деяких з представлених моделей, я буду використовувати їх.

1.3 Процесорний блок

1.3.1 Вибір мікропроцесора

Перші комп'ютери були розміром з цілий будинок, потім, з плином часу обчислювальні машини ставали все меншими і компактнішими. Зараз технології дійшли до такого етапу, що комп'ютер може повністю вміститися на долоні.

Розглянемо можливі варіанти МК, які можна використати в даному проекті. Вимоги, які пред'являються до МК це компактність та бюджетність, також важливою є простота в освоєнні мікроконтролеру та IDE.

1) Arduino Nano – це невелика плата з процесором частотою 16 МГц і 32 КБ флеш-пам'яті. Платформа користується величезною популярністю в усьому світі завдяки зручності і простоті мови програмування, а також відкритій архітектурі та програмному коду. Це перевірений часом МК, який можна придбати за 1-2\$

2) RASPBERRY PI ZERO – це, по суті, аналог Raspberry Pi Model A +, тільки зменшений до розмірів платіжної картки. Цей мікрокомп'ютер може запустити повноцінний дистрибутив Linux або будь-яку іншу сумісну ОС. В той же час він досить дешевий, коштує в діапазоні від 5 до 7\$. Характеризується процесором частотою 1 ГГц та 512. Мб оперативної пам'яті. Також тут є 2 порти microUSB, але немає Ethernet, Bluetooth або Wifi.

3) NodeMCU – це дуже цікавий мікроконтролер, який пропонує безліч можливостей, особливо з огляду на його ціну в 3\$. На відміну від Arduino, який використовує 8 біт ATMEGA з частотою 16 МГц, тут використовується чіпсет ESP8266 з 32 бітовим процесором Tensilica Xtensa LX106 80 МГц, також тут є Wifi, 4 мегабайта вбудованого сховища і 20 Кб RAM.

4) Particle Photon – плата призначена для розробки проектів IOT на базі мікроконтролера ARM Cortex з Wi-Fi. Програмується Particle Photon за допомогою смартфона / планшета через додаток Particle або через ПК через Web-додаток.

5) STM32 – це дешевий 32-бітний мікроконтролер, від STMicroelectronics. Тут використовується своє середовище розробки Keli, а також програматор ST-Link. Пристрій використовує чіп ARM Cortex 32-bit M3 з тактовою частотою 24 МГц і 8 кб оперативної пам'яті. Серед інших переваг можна відзначити низьке споживання енергії, обробку цифрових сигналів і так далі [5].

6) TI Launch Pad та Sensor Tag - це ідеальне рішення для системи контролю мікроклімату, ціною до 10\$. Sensor Tag – це невеликий закінчений прилад, який містить безліч датчиків і не потребує зовнішнього живлення. Sensor Tag передає дані з датчиків на будь-який планшет або телефон по протоколу Bluetooth Low Energy. За всіма даними можна спостерігати з допомогою додатку для iOS або Android.

З огляду на різні варіанти мікроконтролерів було вирішено використовувати Arduino Nano, оскільки це найдешевший варіант, перевірений часом та з власним середовищем розробки, яке є простим в освоєнні.

1.3.2 Платформа Arduino

Мікроконтролер Arduino був спочатку створений як освітня платформа для навчального проекту в інституті дизайну Іврея в Мілані (Італія) в 2005 році. Платформа розроблена Ернандо Барраганом в 2004 році була призначена для художників та дизайнерів з відкритим програмним кодом.

Мета пристрою полягала в тому, щоб його могли використовувати творчі люди, які мають лише базовий досвід у використанні комп'ютерів. Перш за все Ернандо хотів, щоб платформу використовували як інструмент для створення прототипів.

Пристрої на базі Arduino можуть отримувати інформацію про навколишнє середовище за допомогою зовнішніх датчиків, і як відповідь на отримані значення датчиків, вони можуть керувати різними виконавчими пристроями (актюаторами).

Мікроконтролер на платі програмується з допомогою спеціальної мови програмування, що є спрощеною версією C++/C. Для програмування використовується роз'єм USB без використання спеціальних програматорів. Безпосереднє програмування відбувається в середовищі Arduino IDE. Також програмувати платформу можна з допомогою інших програм, таких як: C++, Python, Java...[6].

1.3.3 Апаратна частина платформи Arduino

На даний час існує велике різноманіття платформ Arduino. Найбільш популярною являється Arduino Uno (за свою широку функціональність) та Arduino Nano (за свою компактність та ціну).

На платформі розміщено все необхідне:

- Мікроконтролер;
- пам'ять;
- програматор;
- індикацію;
- порти підключення;
- стабілізатори напруги;
- специфічні для кожної версії модулі.

В залежності від плати вона може живитися від 12, 5 та 3.3 вольт. Містить аналогові/ цифрові входи та виходи. Можлива наявність великої кількості необхідних модулів та датчиків, що робить кожну з версій Arduino призначеною для певної сфери використання.

1.3.4 Версії платформи Arduino

Серед всієї лінійки Arduino можна виділити такі основні версії:

- Nano 33 BLE – остання на даний момент версія розмірами 45x18 мм. Платформа має 9 осьових інерціальних датчиків та функцію блютуз, що робить цю плату ідеальною для носимих пристроїв.
- Uno – найпопулярніша версія пристрою на основі МК ATmega328. Містить: 14 цифрових виходів (6 з них для роботи з ШІМ сигналом) та 6 аналогових виходів. Вона містить багато подібних модифікацій (R1, R2, R3).
- Leonardo – це пристрій на базі МК ATmega32U4. Має 20 цифрових входів / виходів (7 з яких можуть працювати в якості ШІМ-виходів, 12 – в якості аналогових входів). Для живлення та зв'язку з комп'ютером має роз'єм мікро-USB. За розмірами подібна до UNO.
- Due – це пристрій на основі мікроконтролера Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Містить: 54 цифрових входи (12 для роботи з ШІМ сигналом), 12 аналогових входів, USB з підтримкою технології OTG, 4 UART (апаратний приймач, що здійснює послідовну передачу даних, 2 ЦАП, 2 TWI та роз'єм SPI.
- Yun – це перша з платформ що містить вбудований модуль Wi-Fi, що поєднує в собі можливості Linux і простоту використання МК. Arduino YÚN являє собою комбінацію класичного Arduino Leonardo (на базі мікроконтролера ATmega32U4) та Wi-Fi-системи.
- Arduino TRE – на основі процесору Sitara AM335x з тактовою частотою 1 ГГц, Arduino TRE приблизно в 100 разів більш продуктивна в порівнянні з Arduino Leonardo або Uno. Для розробника така продуктивність відкриває широкі можливості з використанням потужних Linux-додатків. Arduino на базі мікропроцесора Sitara може виконувати ресурсозатратні десктоп-додатки Linux, ресурсомісткі алгоритми і забезпечувати роботу швидкодіючих інтерфейсів зв'язку.

- Micro – компактне рішення на базі ATmega32u4. Містить 20 цифрових входів / виходів (з них 7 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів, 12 – в якості аналогових входів), кварцовий резонатор на 16 МГц.
- Nano – це компактна платформа, яка використовується як компактний і зручний аналог UNO. Nano підключається до комп'ютера за допомогою кабелю USB Mini-B.
- Mega ADK – це пристрій на основі МК ATmega2560 призначений для зв'язку із смартфонами на Android та іншими пристроями з USB інтерфейсом.
- Mega 2560 – пристрій на основі МК ATmega2560. Відрізняється від інших платформ тим, що для перетворення інтерфейсів USB–UART замість мікросхеми FTDI використовується мікроконтролер ATmega16U2.
- Arduino Esplora – це пристрій спроектований на основі Arduino Leonardo. Esplora відрізняється від усіх попередніх платформ тим, що він спроектований уже з вбудованою великою кількістю датчиків. Візуально виглядає як джойстик.
- LilyPad – плата розроблена в першу чергу для використання на одязі. Піни (цифрові/аналогові входи/виходи) з'єднуються з периферійними пристроями за допомогою струмопровідної нитки. Є купа додаткових плат розширень для LilyPad. Більшість з них спроектовані таким чином, що не бояться вологи.
- Mini – найменша платформа Arduino. Пристрій орієнтований на використання в макетній платі або в пристроях, де є обмеження розмірів. Спочатку пристрій було спроектовано на базі мікроконтролера ATmega168, який в даний час замінений на МК ATmega328
- Pro Mini – розроблена для досвідчених користувачів, яким потрібна низька ціна, маленькі розміри і додаткова функціональність.
- Fio – пристрій на базі МК ATmega328P, що орієнтований на використання в задачах, що використовують бездротовий зв'язок [7-8].

В асортименті Arduino представлена велика кількість інших версій, які відрізняються функціональністю та ціновим діапазоном. На даний час збільшується кількість модифікацій Arduino Nano, Mega та Uno.

1.3.5 Огляд мікроконтролера Arduino Nano

Arduino Nano – одна з найменших плат Arduino. Вона є повним аналогом Arduino Uno – так само працює на чіпі ATmega328P (хоча можна ще зустріти варіанти з ATmega168), але з меншим форм-фактором. За своїх габаритних розмірів плата часто використовується в проектах, в яких важлива компактність. На платі відсутнє окреме гніздо зовнішнього живлення, Arduino працює через USB (miniUSB або microUSB). В іншому параметри збігаються з моделлю Arduino Uno. Вигляд даної платформи зображено на рис. 1.12.

Плата містить від шести виводів аналогових входів і чотирнадцять або більше виводів цифрових входів та виходів, для підключення до мікроконтролеру необхідних електронних пристроїв та схем. Більше параметрів в таб. 1.5.

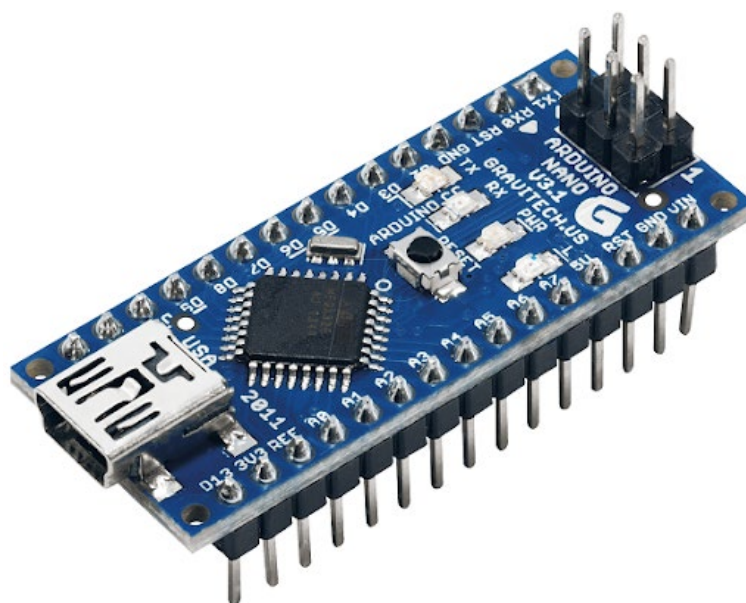


Рисунок 1.12 – Мікроконтролер Arduino Nano V3.0 [9]

Таблиця 1.5 – Характеристики ArduinoNano V3.0

Мікроконтролер	ATmega328P
Ядро	8-бітне AVR
Тактова частота	16 МГц
Flash-пам'ять	32 КБ
SRAM-пам'ять	2 КБ
EEPROM-пам'яті	1 КБ
Портів введення-виведення всього	20
Портів з АЦП	8
Розрядність АЦП	10 біт
Портів з ШІМ	6
Розрядність ШІМ	8 біт
Апаратних інтерфейсів SPI	1
Апаратних інтерфейсів I ² C / TWI	1
Апаратних інтерфейсів UART / Serial	1
Номінальна робоча напруга	5 В
Максимальний вихідний струм Піна 5V	800 мА
Максимальний вихідний струм Піна 3V3	50 мА
Максимальний струм з Піна або на пін	40 мА
Допустима вхідна напруга від зовнішнього джерела	7-12 В
Габарити	18 × 45 мм

Живлення плати може здійснюватися двома способами (таб. 1.13):

1. Через mini-USB або micro-USB при підключенні до комп'ютера;
2. Через зовнішнє джерело живлення, що має напругу 6-20 В з низьким рівнем пульсацій.

Стабілізація зовнішнього джерела виконується за допомогою схеми LM1117IMPX-5.0 на 5В. При підключенні через кабель від комп'ютера

підключення до стабілізатора відбувається через діод Шотткі. Схеми обох типів живлення наведені на рисунку.

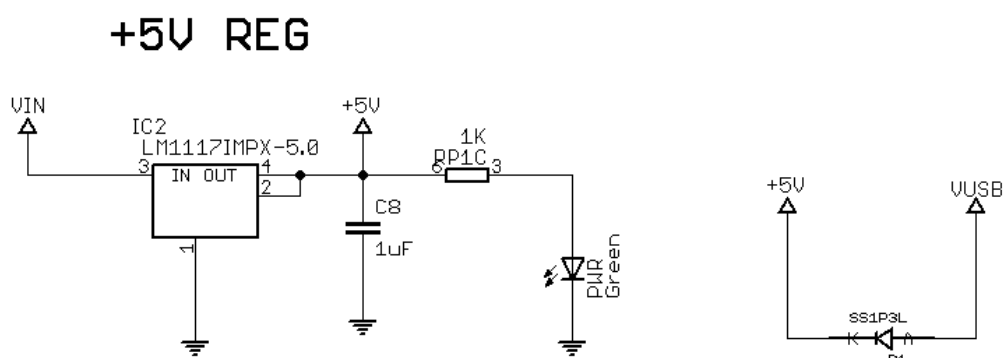


Рисунок 1.13 – Схеми живлення платформи Nano [9]

У плати Arduino Nano також є обмеження по напрузі і струму на входи і виходи плати. Всі цифрові і аналогові контакти працюють в діапазоні від 0 до 5 В. При подачі живлення, що виходить за рамки цих значень, напруга буде обмежуватися захисними діодами. У цьому випадку сигнал повинен підключатися через резистор, щоб не вивести контролер з ладу. Найбільше значення струму а входи не повинно перевищувати 40 мА, а загальний струм контактів повинен бути не більше 200 мА.

На платі є 4 світлодіода, які показують стан сигналу. Вони позначені як TX, RX, PWR і L. На перших двох світлодіод загоряється, коли рівень сигналу низький, і показує, що сигнал TX або RX активний. Світлодіод PWR загоряється при напрузі в 5 В і показує, що підключено джерело живлення. Останній світлодіод – загального призначення, загоряється, коли подається високий сигнал.

На даний момент випускається декілька видів Arduino Nano. Є версії 2.X, 3.0., Які відрізняються лише чипом, на якому вони працюють. У версії 2.X. використовується чип ATmega168 з меншим об'ємом пам'яті і зниженою тактовою частотою, версія 3.0. працює на чипі ATmega328. Для детального розуміння за що відповідає який пін дивись рисунок 1.14.

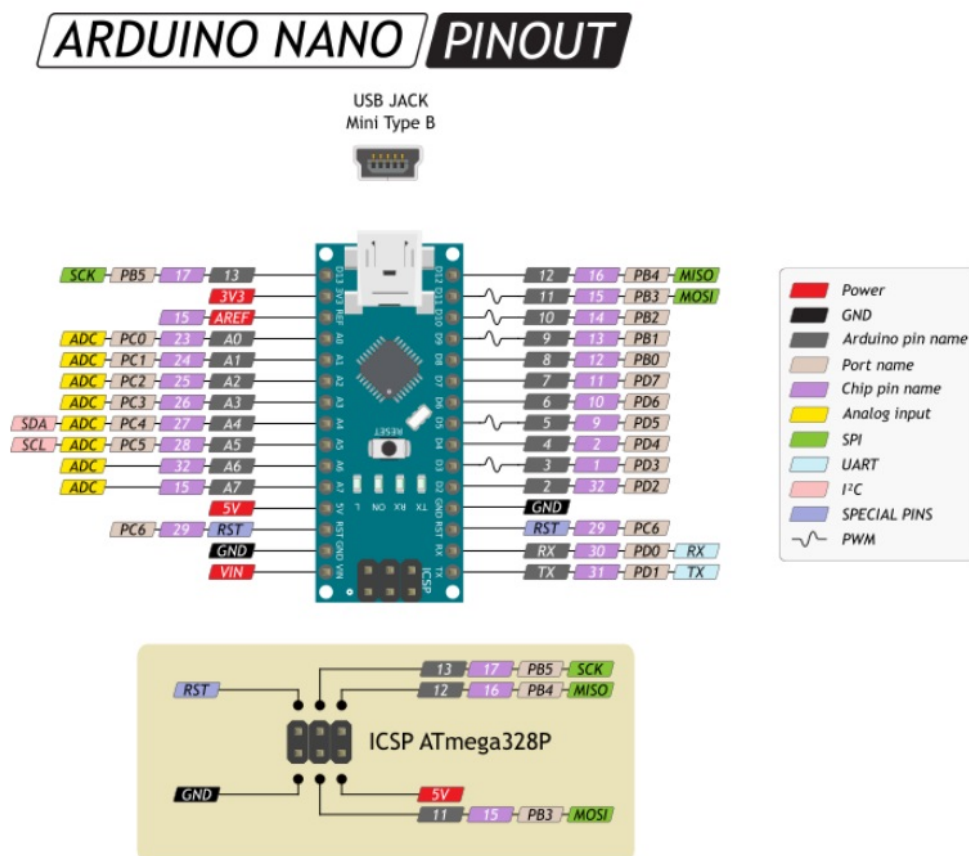


Рисунок 1.14 – Розпіновка Arduino Nano v3.0 [9]

Піни живлення:

- VIN: Вхідний пін для підключення зовнішнього джерела живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12 вольт;
- 5V: Вихідний пін від регулятора напруги на платі з виходом 5 вольт і максимальним струмом 800 мА.;
- 3.3V: Вихідний пін від стабілізатора мікросхеми FT232R з виходом 3,3 вольта і максимальним струмом 50 мА.;
- GND: Земля;
- AREF: Пін для підключення зовнішньої опорної напруги АЦП щодо якого відбуваються аналогові вимірювання при використанні функції `analogReference ()` з параметром «EXTERNAL».

Порти введення / виводу:

- Цифрові входи / виходи: Піни 0-13

Логічний рівень одиниці- 5 В, нуля- 0 В. Максимальний струм виходу- 40 мА. До контактів підключені підтягуючі резистори, які за замовчуванням вимкнені, але можуть бути включені програмно;

- ШІМ: Піни 3,5,6,9,10 і 11

Дозволяє виводити аналогові значення в вигляді ШІМ-сигналу. Розрядність ШІМ не змінюється і встановлена в 8 біт;

- АЦП: Піни А0-А7

Дозволяє представити аналогову напругу в цифровому вигляді. Розрядність АЦП не змінюється і встановлена в 10 біт. Діапазон вхідної напруги від 0 до 5 В. При подачі більшої напруги ви вб'єте мікроконтролер;

- TWI / I²C: Піни А4 (SDA) і А5 (SCL)

Для спілкування з периферією по інтерфейсу I²C. Для роботи використовується бібліотека Wire;

- SPI: Піни 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) і 10 (SS)

Для спілкування з периферією по інтерфейсу SPI. Для роботи використовується бібліотека SPI;

- UART: Піни 0 (RX) і 1 (TX)

Використовується для комунікації плати Arduino з комп'ютером або іншими пристроями по послідовному інтерфейсу. Земля – 0 (RX) і 1 (TX) з'єднані з відповідними USB-UART перетворювача FT232R. Для роботи з послідовним інтерфейсом використовується бібліотека Serial.

Переваги:

- Невелика ціна;
- Можливість працювати на багатьох ОС;
- Просте програмування;
- Функціональність. У даному середовищі мова програмування може розширюватися за допомоги C++ бібліотек;
- Доступність специфікації і схеми приладу. Arduino.cc надає вільний доступ до відкритого коду і схеми пристрою.

Недоліки:

- Недосконалість програмного середовища;
- Низький об'єм флеш-пам'яті для використання в більш серйозних проектах;
- Доволі низька частота процесора.

Arduino Nano – це універсальний мікроконтролер який підходить для проектування різноманітних пристроїв та користувачем може бути, як новачок у світі електроніки, так і досвідчений інженер. Він комфортний та зрозумілий за своїм принципом роботи. Такий підхід дозволяє кожному приблизитися та пізнати технології у необхідному обсязі [9].

Для пристроїв з дуже складною схемою, потужності даного контролера може бути недостатньо. Для складних схем краще підібрати більш потужний мікроконтролер в залежності від потреб.

1.3.6 Середовище програмування – Arduino IDE

Для платформи Arduino розроблено середовище розробки для написання скетчів(коду) – Arduino IDE. Це середовище дозволяє написати код та завантажувати його на плату. IDE підтримує такі ОС як: Windows, Mac OS, Linux. Саме середовище створене на мові програмування Java на основі Processing.

До складу середовища розробки входить текстовий редактор, що призначений для написання програмного коду, вікно статусу коду, монітор порту та компілятор, що завантажує код в МК.

Скетч – це програма, що написана у середовищі, яка редагується в текстовому редакторі. При компіляції та завантаженні коду до МК в області повідомлень відображається статус завантаження коду та помилки, якщо наявні

Кнопки, що розміщені на панелі інструментів дозволяють:

- «Перевірити» – Перевірка програмного коду на помилки та компіляція;
- «Завантажити» – Перевірка програмного коду на помилки, компіляція та завантаження коду на платформу;
- «Новий» – створення скетчу ;
- «Відкрити» – відкриття теки зі всіма збереженими скетчами;
- «Зберегти» – збереження скетчу;
- «Монітор порту» – відкриття монітору порту.

Інші команди, що розташовані у меню: Файл, Редагувати, Скетч, Інструменти, Допомога. Інтерфейс програми зображено на рис. 1.15.

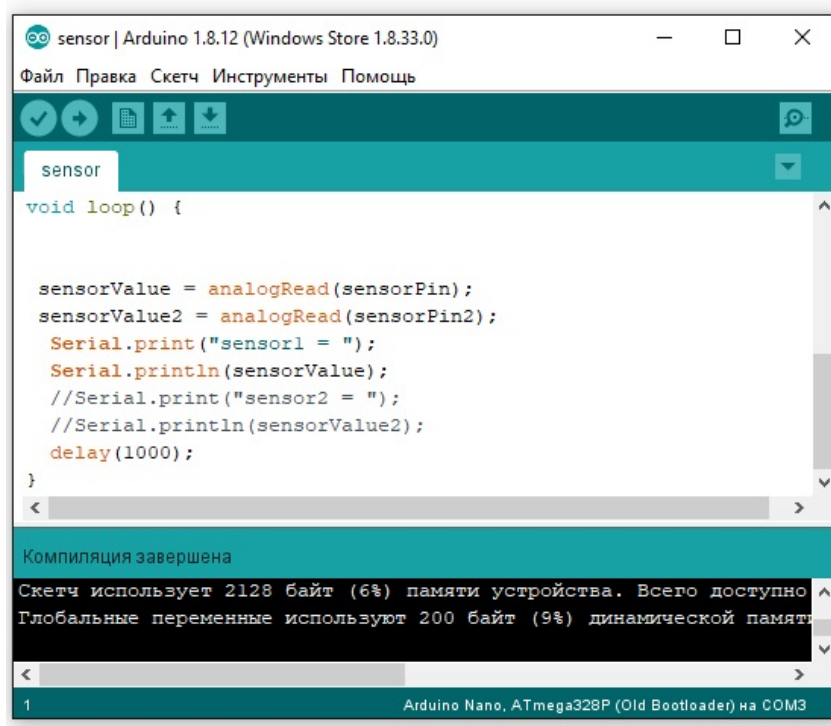


Рисунок 1.15 – Зовнішній вигляд Arduino IDE 1.8.12

Файл – містить наступні функції: відкриття, збереження скетчу. Також є «Приклади» – це архів готових скетчів для роботи з різними функціями Arduino, що полегшують ознайомлення з новими функціями та бібліотеками.

Редагувати – тут розміщені всі параметри, які дозволяють змінювати вигляд тексту.

Скетч:

- Перевірити/компілювати – для виявлення помилок у скетчі;
- Підключити бібліотеку – для додавання бібліотеки у скетч, що використовується з допомогою вставлення команди `#include` в код скетчу;
- Показати папку скетчу – для відкриття папки скетчу;
- Додати файл – щоб підключити файлу до скетчу .

Інструменти:

- Автоформатування – для автоматичного форматування коду;
- Плата – вибір версії платформи;
- Порт – для вибору порту до якого підключений МК;
- Записати програматор – для запису завантажувача в мікроконтролер на платформі Arduino. Є не обов’язковою функцією, але може знадобитися, якщо використовується новий ATmega (без завантажувача).

Файли коду зберігаються у декількох видах: стандартний Arduino (без розширення), файлом C (розширення * .c), файлом C ++ (* .cpp) або головним файлами (.h) [10].

1.4 Висновок до першого розділу

В даному розділі було розглянуто мікроклімат, а також параметри, які необхідні для підтримання мікроклімату в різних середовищах. Вирішено розробляти систему підтримання мікроклімату для парнику, грінхаус боксу. За вимірювання параметрів відповідатимуть сенсори, а за їх зміну – актюатори. Отримання та контроль параметрів здійснюватиме мікроконтролер Arduino Nano, який було детально розглянуто, як і середовище розробки Arduino IDE. Перевагою даного МК є його простота у використанні, розміри та ціна, що забезпечить бюджетність та компактність пристрою за контролем мікроклімату для рослин.

2 РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ

Як було сказано вище, буде розроблено систему контролю мікроклімату в грінхаус боксі, оскільки його невеликі розміри та ціна компонентів дозволяють самостійно зібрати даний пристрій. Але нічого не заважає замінити актюатори на більш серйозні, які працюють від мережі 220В. Керуватися вони будуть з допомогою реле або транзисторного-ключа, які будуть змінювати свій стан (відкритий/закритий) від значення на виході логічного піну Arduino.

Розробимо функціональну та електричну схему пристрою, а також зберемо її на макетній платі.

2.1 Розроблення функціональної схеми пристрою

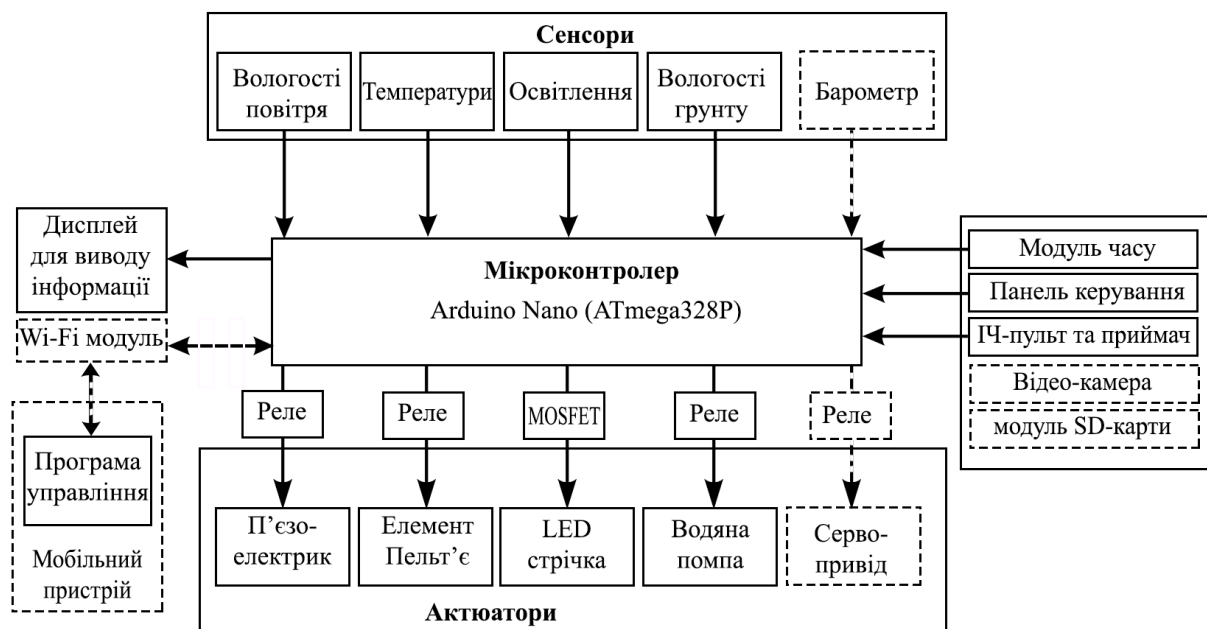


Рисунок 2.1 – Функціональна схема пристрою

На функціональній схемі (рис. 2.1) зображено всі компоненти, які відповідають за зняття та зміну показників мікроклімату, керування та відображення даних. Також на схемі наявні потенційно можливі пристрої, які відображаються штрих-пунктирною лінією.

Розглянемо більш детально зв'язок між кожним блоком схеми, та його підключенням. Для повноцінної роботи актюаторів необхідно використовувати силову частину, таку як реле або транзисторний ключ. Оскільки вихід мікроконтролера може видавати 20 мА – це не достатньо для живлення актюаторів, максимум для світлодіода. Тому використовується силова частина, де підключене зовнішнє джерело напруги, як 5 В так і 220В. Перевагою реле є, так звана гальванічна розв'язка, де силова частина ніяк не зв'язана з логічною, на відміну від транзисторного ключа. Але для живлення котушки в реле необхідний достатній струм. А от у випадку транзистора, то його відкривання здійснюється значно меншим струмом, а також він дозволяє керувати вихідною напругою змінюючи її в діапазоні від нуля до максимальної на вході. Таким чином транзисторний ключ зручно використовувати для режиму освітлення «Світанок», де яскравість лампи зростає з часом, в аналогії до сходу та заходу Сонця.

Для живлення модулів бажано використовувати зовнішнє джерело напруги, яке в основному становить 5 В. Таким чином буде збережений ресурс роботи МК.

Підключення сенсорів та актюаторів буде здійснюватися до цифрових та аналогових пінів, залежить від типу модулю. Зв'язок дисплею та модулю часу, буде здійснюватися по I2C інтерфейсу, піни A4 та A5. До даного інтерфейсу можна підключити до 128 модулів. А швидкість передачі даних сягає 100 кбіт/с, нагадую, це всього лиш два піни мікроконтролеру.

Для роботи з вай-фай модулем необхідно буде завантажити спеціальну програму на смартфон, яка по IP-адресу надсилатиме команди до МК.

Підключення відео-камери, ІЧ-сенсору та SD-модулю здійснюється до цифрових входів.

В основному для зв'язку з модулями будуть використовуватися вже написані бібліотеки, які набагато спростять роботу з отримання та надсилання до модулів.

Для вибору тих чи інших модулів схеми, ми будемо відштовхуватися від вже наявних компонентів. Таким чином за зняття показників вологості повітря та температури, буде відповідати модуль DHT11, що збереже 1 аналоговий вхід, так як для передачі даних температури та вологості використовується 1 цифровий пін. В якості датчика освітлення використаємо бюджетний фоторезистор та резистор, підключений як дільник напруги, на 10кОм. А для датчика вологості ґрунту, буде застосовано 2 цвяха та аналогічний резистор, що і для датчика освітлення.

Розглянемо детальніше найважливіші модулі в даній схемі, за винятком вже розглянутих вище сенсорів та актюаторів.

2.1.1 Реле

Реле – комутаційний пристрій, який з'єднує або роз'єднує ланцюг електричної схеми при зміні вхідних величин напруги (струму). Реле застосовуються там, де потрібно контролювати електричне коло за допомогою сигналу з низьким енергоспоживанням та з повною гальванічною розв'язкою, або де кілька схем повинні керуватися одним сигналом.

Реле поділяють на: електромагнітні (рис. 2.2), електротеплові, індукційні, твердотільні, герконові, фотоелектронні.

Електромагнітне реле у конструкції має котушку зі сталевим сердечником, групу рухомих контактів, що замикають і розмикають керований електроланцюг. Розглянемо принцип дії:

1. На котушку осердя подається керуючий струм;
2. В осерді під впливом електричного струму створюється магнітне поле, яке притягує контактну групу;

3. Залежно від типу реле, контакти замикають або розмикають електричний ланцюг.

Твердотільне реле – це компактний і довговічний пристрій, завдяки відсутності механічних частин. Роботу механіки тут виконують напівпровідникові елементи – біполярні і МОП-транзистори, тиристори, семістори. У порівнянні з іншими реле воно має такі переваги:

- Низький рівень шуму при роботі;
- Дуже висока напруга на відмову, яка в 100 разів і більше перевищує ресурс електромагнітних пристроїв;
- Швидкодія становить мілісекунди, у електромагнітних 50 мс- 1с;
- Електроспоживання нижче на 95 %.

Реле застосовують в системах регулювання температури, в яких в якості нагрівачів використовуються тенти, в промисловій автоматичній, телеметрії, механізмах обладнання, що використовується в металургійній і хімічній промисловості, в медобладнанні, військової електроніці.

В роботі буде використано електромагнітне реле (рис. 2.2), ознайомитися з його характеристиками можна в таб. 2.1 та розпіновкою на рис. 2.3.

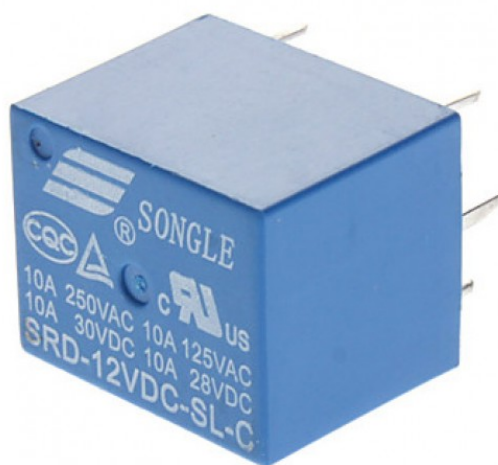


Рисунок 2.2 – Електромагнітне реле SRD-05VDC-SL-C [11]

Таблиця 2.1 – Характеристики реле SRD-05VDC-SL-C

Живлення	5В
Вхідний керуючий сигнал	5В
Напруга комутації	від 1В до 250В
Максимальний струм навантаження	10А

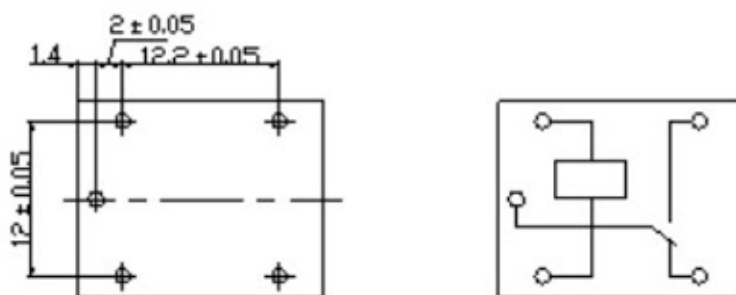


Рисунок 2.3 – Схема підключення реле[11]

Розпіновка реле: з того боку, де три контакти, крайні два – це підключення до котушки, на них треба подавати керуючі 5 вольт. Середній – це пін, до якого ми підводимо напругу, що комутується. І з протилежного боку ми можемо знімати напругу, з одного виводу при відсутності керуючої напруги, або з другого при спрацьовуванні реле (при подачі напруги на обмотку) [11].

У зв'язку з наявністю лише електромагнітне реле, використаємо його в даному приладі.

2.1.2 Інфрачервоний приймач та пульт

Робота пульта здійснюється наступним чином. При натисканні кнопки відбувається кодування сигналу в інфрачервоному світлі, приймач приймає його і

виконує потрібні дії. Інформація кодується у вигляді логічної послідовності пакетів імпульсів з певною частотою. Приймач отримує цю послідовність і виконує демодуляцію даних. Для прийому сигналу використовується мікросхема, яка включає: фотоприймач ІЧ-спектру, підсилювач сигналу, смуговий фільтр, амплітудний детектор, фільтр, вихідний транзистор.

ІЧ пульт, найчастіше має живлення від батарейки або акумулятора. Отже його споживання повинно бути максимально низьким. З іншого боку сигнал, що випромінюється повинен бути значної потужності для забезпечення великої дальності передачі. Такі протилежні по енергетичним витратам завдання успішно вирішуються способом передачі коротких імпульсних кодованих пакетів. У проміжках між передачами пульт практично не споживає енергії. Завдання контролера пульта – опитування кнопок клавіатури, кодування інформації, модулювання опорної частоти і видача сигналу на випромінювач [12].

Вигляд ІЧ-датчика та пульта можна побачити на рис. 2.4, а характеристики датчика в таб. 2.2.



Рисунок 2.4 – Інфрачервоний сенсор та пульт керування[12]

Таблиця 2.2 – Параметри ІЧ приймача

Робоча частота	38 кГц
Дальність прийому сигналу	20 м
Робоча напруга	2.7-6.0 В
Струм	0.4-1.5 мА
Кут прийому сигналу	90 °

2.1.3 Модуль часу

Модуль часу DS3231 (рис. 2.5) є платою з точними годинами реального часу. Даний модуль є покращеною версією годин реального часу (DS1302). Модуль буде застосований для керування освітленням та для запису даних .

Модуль DS3231 спроектований на базі мікросхеми DS3231N, мікросхеми пам'яті AT24C32N та інших допоміжних компонентів. Мікросхема DS3231N складається з: кварцового резонатора. Модуль підтримує 12 і 24 годинний формат часу [13].

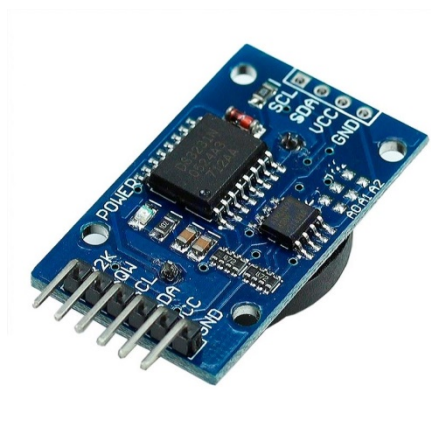


Рисунок 2.5 – Модуль часу DS3231[13]

Для використання даного модуля ми використаємо вже готову бібліотеку, яка з легкістю дозволить встановити поточний час, а згодом і застосувати його.

2.1.4 LCD Дисплей

LCD1602 – рідкокристалічний символьний LCD дисплей. Призначений для виведення текстової інформації. Дисплей дозволяє одночасно відображати до 32 символів (2 рядки по 16 символів). Екран оснащений задньою, яскравістю якої

можна керувати. Колір символів – чорний. За замовчуванням дисплей підтримує латиницю.

Дисплей виконаний на базі контролера HD44780. Контролер має власне ПЗУ, в якому зберігаються стандартний набір символів. Набір символів можна розширити, додавши нові, в тому числі літери українського алфавіту.

Відмінною особливістю даного дисплея від звичайного LCD1602 є наявність вбудованого I2C модуля, завдяки якому дисплеєм можна керувати за допомогою всього двох пінів контролера [14]. Вигляд дисплею зображено на рис. 2.6 та його характеристики в таб. 2.3.

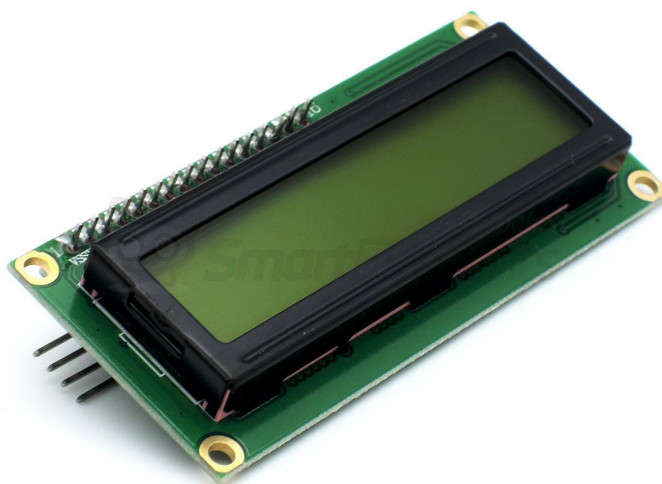


Рисунок 2.6 – Дисплей LCD1602[14]

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики дисплею

Робоча напруга	5 В
Максимальний споживаний струм	150 мА
Контролер	HD44780
Кількість рядків	2
Кількість символів в рядку	16
Габаритні розміри ДхШхВ	80x36x28 мм

2.2 Розгляд можливих вдосконалень приладу

Для збільшення функціональності приладу можна використати наступні модулі:

- Барометр – дозволить вимірювати зміну тиску, що дозволить прогнозувати клімат навколишнього середовища, а саме сонячну та дощову погоду;
- Датчик газу – виміряє вміст необхідних газів та при виході параметрів за встановлені межі, активує відповідний актюатор;
- Вай-фай модуль – з допомогою смартфона або комп'ютеру дозволить стежити за досліджуваним об'єктом та контролювати його навколишній мікроклімат;
- Серво-привід – як актюатор, зможе відкривати засувки, вікна, жалюзі якщо параметри зовнішнього мікроклімату входять в допустимі межі системи контролю, щоб зменшити навантаження на всі інші актюатори;
- Модуль SD-карти – дозволить записувати значення кожного параметру з певним інтервалом, а також будувати графіки їх зміни в часі;
- Відео-камера – особливо необхідна з вай-фай модулем, що дозволить стежити за об'єктом в реальному часі;
- Незалежне джерело живлення та плата заряду – для забезпечення автономності приладу, можна використати, акумулятор, який при збоях мережевої напруги забезпечить безперервність в роботі приладу. Також це може бути цілком енергонезалежна система, якщо використати сонячні панелі;

Для оптимізації роботи приладу важливе значення має програмний код. Добре налагоджений код, максимально ефективно використовуватиме ресурси мікроконтролеру та модулів. Можна використати різні підсистеми, щоб зміна мікроклімату, взагалі не відбувалася, або якщо відбувалася, то максимально

плавно. Програмний код має найважливіше значення, оскільки від нього залежить швидкодія, ефективність та цілком робота всього приладу.

2.3 Розроблення електричної схеми приладу

Для розроблення принципової електричної схеми приладу в середовищі EasyEDA, було пройдено експрес курс по роботі з даною платформою. Також була можливість використання програми Proteus8, яка була встановлена на комп'ютер, але дана програма не містить такої різноманітності компонентів та не є такою зручною, як EasyEDA.

Перед створенням електричної схеми було потрібно визначитися з типом живлення. Ідеальним рішенням став зовнішній блок живлення на 12В 800мА, понижуючий модуль напруги Mini-360 (рис. 2.7) [15] та конектор JACK 2.1mm.



Рисунок 2.7 – Понижуючий перетворювач напруги Mini-360

Розглянемо більш детально вхідні та вихідні параметри судячи з технічної характеристики модулю (таб. 2.4).

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики понижуючого модулю

Вхідна напруга	4.5-28В
Вихідна напруга	0.8-20В
Вихідний струм	3А (макс)
ККД	92 %
Частота перемикання	1.5 МГц
Габаритні розміри ДхШхВ	17х22х4 мм

На даний модуль можна подавати від 4.5 до 28 В (12В в нашому випадку) та на виході отримати необхідне для нас живлення в 7.3 В. Оскільки в Arduino Nano є пін VIN, що розрахований на живлення від 7 до 12В, ми встановимо потенціометр так, щоб на виході було 7.3В., з запасом в 0.3В для стабільної роботи.

Для актюаторів, що потребують живлення від 5В підключимо мікросхему LM-317T, при певній обв'язці мікросхеми (рис. 2.8.) вона видаватиме на виході 5В.

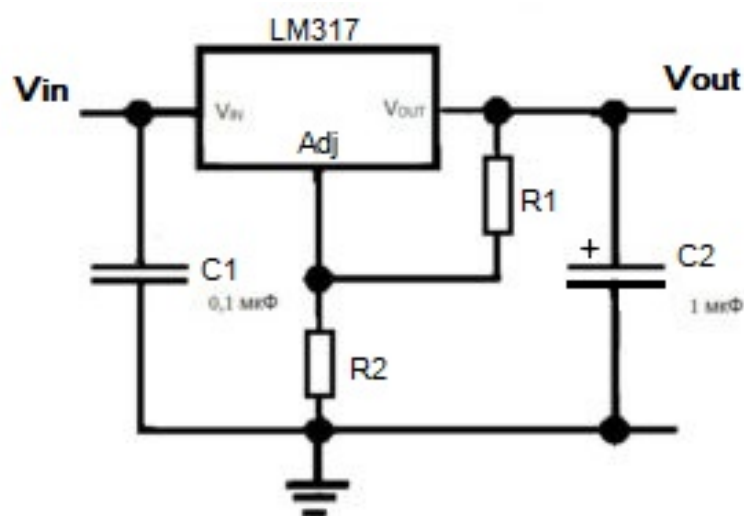


Рисунок 2.8 – Схема підключення LM-317T

За формулою (2.1) розрахуємо резистори R1 та R2 за умови, що вихідна напруга 5В [16]. Конденсатори необхідні для згладжування та стабілізації напруги. Тоді $R1=250\pm10$ Ом та $R2=1$ кОм. Дану схему зберемо на макетній платі.

$$V_{out} = 1.25 * (1 + R_2/R_1) \quad (2.1)$$

Було вирішено підключати сенсори та актюатори через клеми підключення, що дозволить змінювати конфігурацію системи. Для панелі керування розроблено просту схему на макетній платі (рис. 2.9), що містить 3 кнопки та 1 потенціометр. Панель має 6 виводів:

- Живлення 5В;
- Земля;
- Аналоговий вихід потенціометра;
- Цифровий вихід кнопки «Вибір»;
- Цифровий вихід кнопки «Вліво»;
- Цифровий вихід кнопки «Вправо».

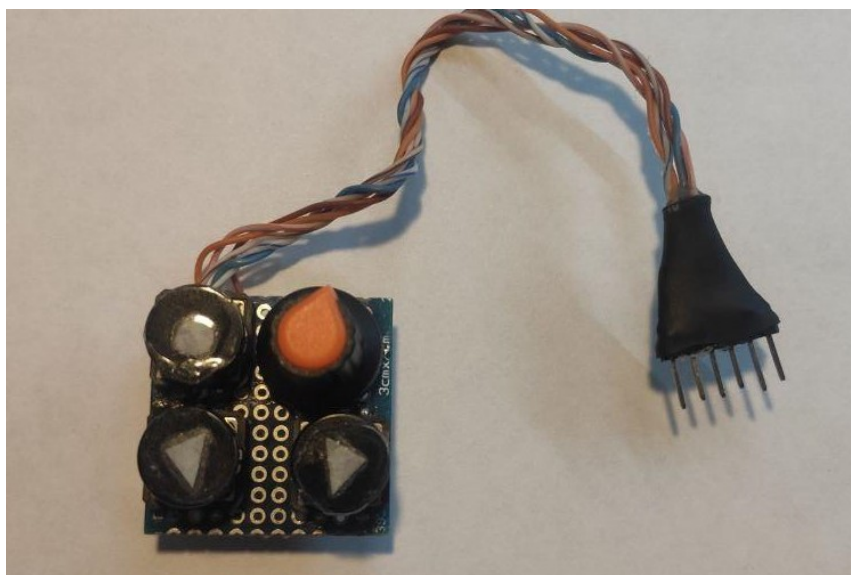


Рисунок 2.9 – Панель керування

Також було вирішено для індикації роботи того чи іншого електромагнітного реле використати світлодіоди.

Всі необхідні компоненти вказані в таблиці нижче:

Таблиця 2.5 – Компоненти схеми

Компоненти	Кількість
Arduino Nano	1
Модуль часу	1
LCD Дисплей	1
Сенсор DHT11	1
Інфрачервоний сенсор	1
Датчик освітлення	1
Датчик вологості	1
Панель керування	1
Електромагнітне реле	4
Польовий транзистор IRF44N	1
Біполярний транзистор KT817	1
Резистор 10 кОм	5
Резистор 100 Ом	1
Резистор 20 Ом	1
Світлодіоди 5В	4
2.1мм x5.5мм конектор живлення	1
Понижуючий модуль напруги	1
Клеми підключення	10

Схему підключення приладу можна побачити в Додатку А. Деякі з вільних виводів на Arduino, було вирішено також вивести до клем, задля можливого вдосконалення в подальшому. В даній схемі використані підтягуючі резистори для запобігання впливу зовнішніх факторів, що, особливо, впливають на панель керування. Також під транзисторний ключа було створено два місця під різну цоколівку транзисторів. Актюатори підключаються до реле, два з яких підключені

до 12В, а інші два до 5В. Для зменшення кількості дротів на схемі було використано відповідні елементи GND і VIN.

В подальшому по даній схемі було виготовлено друковану плату, яку можна побачити в Додатку Б, але велика кількість помилок при створенні схеми та самої плати, дала про себе знати. Тому було вирішено створити нову електричну принципову схему. В даній схемі (Додаток В) було змінено конфігурацію пінів, що дозволило більш компактно провести доріжки на платі. Також було вилучено роз'єм для біполярного транзистору КТ817. Силова частина та реле залишилися не зміненими.

2.4 Програмний код та його налагодження

Після створення електричної схеми її потрібно було зібрати на тестовому стенді (рис. 2.10) та підключити необхідні сенсори, які необхідні при роботі з кодом. При написанні коду(скетчу), перш за все, потрібно було налагодити зв'язок з Arduino Nano. В якості актюаторів використовувалися світлодіоди, які чітко давали знати який параметр змінювався.

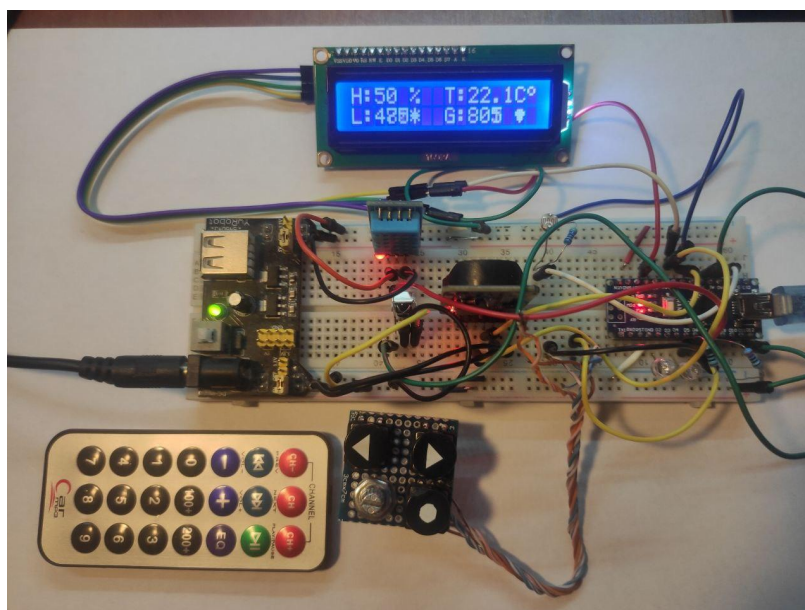


Рисунок 2.10 – Прилад на тестовому стенді

Скетч складається з понад 900 рядків, тому доцільним буде зазначити основні моменти.

По загальним відомостям відзначу, що скетч використовує 19820 байт (64 %) пам'яті пристрою. Всього доступно 30720 байт. Глобальні змінні використовують 1403 байт (68 %) динамічної пам'яті, залишаючи 645 байт для локальних змінних. Максимум: 2048 байт.

В кодї використано такі бібліотеки:

- `#include <Wire.h>` – для зв'язку по I2C інтерфейсу;
- `#include <LiquidCrystal_I2C.h>` – для роботи з LCD дисплеєм;
- `#include <dhtnew.h>` – для зчитування даних з сенсору DHT11;
- `#include "DS3231.h"` – для роботи з модулем часу;
- `#include "IRremote.h"` – для взаємодії з інфрачервоним сенсором.

Створено 8 власних символів (рис. 2.11), а саме: градус по Цельсію, сонце, капля води, стрілка вправо, стрілка вліво, вітер, дзвінок та рівень. Для створення власного символу використовувалося побітове заповнення 7 рядочків на 5 стовбців. Записувати можна, як в бінарній, так і в шістнадцятковій системі числення.



Рисунок 2.11 – Символи

Дана частина коду (рис. 2.12) відповідає за зв'язок з інфрачервоним пультом, попередньо визначивши ім'я(значення) кожної кнопки. Як бачимо, при отриманні певного значення, код виконує певну функцію, а саме перехід між екранами.

```

if ( irrecv.decode( &results )) { // если данные пришли
  switch ( results.value ) {
    case 0xFFE21D:
      funDisp(1);
      break;
    case 0xFFA25D:
      funDisp(-1);
      break;
  }
  irrecv.resume(); // принимаем следующую команду
}

```

Рисунок 2.12 – Код для роботи з ІЧ сенсором

Для зручного орієнтування в коді було використано велику кількість коментарів та роздільних символів (//—————). Також для налагодження роботи коду використовувалася команда `Serial.println()`, що видавала необхідні повідомлення в монітор порту.

В скетчі використано доволі велику кількість функцій, що дозволило зменшити об'єм коду в чотири рази. Самі функції розміщені після основного циклу `void loop()`. Функції, що найчастіше використовувалися: `clear`, `select`, `select2`. Де функція `clear` відповідає за очищення екрану дисплея, `select` – за кнопки з панелі керування та `select2` – за вибір значення параметру від 5 до 70 пунктів з кроком в 5 пунктів. Ці та також всі інші функції розміщено в Додатку Д.

Вивід символів та параметрів на дисплей відбувався з допомогою команди `lcd.print("Please set light")` та за розміщення відповідає команда `lcd.setCursor(0,0)`.

Для правильної реєстрації натискань використано функцію `if (butt1==HIGH && trig1==false)` та `trig1=true`, як тригер, що заводить брязкіту контактів, виконує дію лише один раз при одному натисканні.

Також розроблено функції, що запобігають виходу встановлення параметрів за крайні мінімальні та максимальні значення.

2.5 Посібник по користуванню приладом

При першому запуску на екрані протягом однієї секунди відображається певне привітання (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Привітання

Згодом пристрій переходить на основний екран (рис. 2.13), на якому відображено поточні дані, що оновлюються щосекунди, такі як:

- Н – вологість повітря
- Т – температура
- L – освітленість (в пунктах від 0 до 1023)
- G – вологість ґрунту (в пунктах від 0 до 1023)



Рисунок 2.13 – Основний екран

При натисканні кнопки «Вибору», система переходить в режим налаштувань (рис 2.14), де відображаються поточні мінімальні значення зі знаком «!» та з'являється стрілка вибору параметру, значення якого необхідно змінити.



Рисунок 2.14 – Режим налаштування

Натискаючи кнопки «Вліво», «Вправо» можна вибрати один із чотирьох параметрів, натиснувши кнопку «Вибору» відкриється режим встановлення значень (рис 2.15). Для параметрів «Н» та «Т», вибір необхідних значень відбувається з допомогою кнопок «Вліво» та «Вправо», а для «L» та «H» – з допомогою потенціометра, що дозволяє плавно регулювати значення.



Рисунок 2.15 – Режим встановлення значень

Вибравши необхідне значення та натиснувши кнопку «Вибору», на одну секунду відкриється екран підтвердження (рис. 2.16), що відобразить значення та параметр який було змінено. Згодом пристрій перейде на основний екран.



Рисунок 2.16 – Екран підтвердження

З основного екрану можна перейти на додатковий, де знаходиться поточний час та розширені параметри системи (рис. 2.17). Перший параметр – це максимальна температура, другий – час роботи освітлення, третій – рівень освітлення, четвертий – час роботи водяної помпи.



Рисунок 2.17 – Додатковий екран

Зміна параметрів відбувається по подібному принципу. При натисканні кнопки вибору необхідний параметр починає мигати та відображати поточне значення. Вибір та зміна параметру відбувається аналогічним способом. Окрім встановлення часу роботи освітлення (рис.2.18).

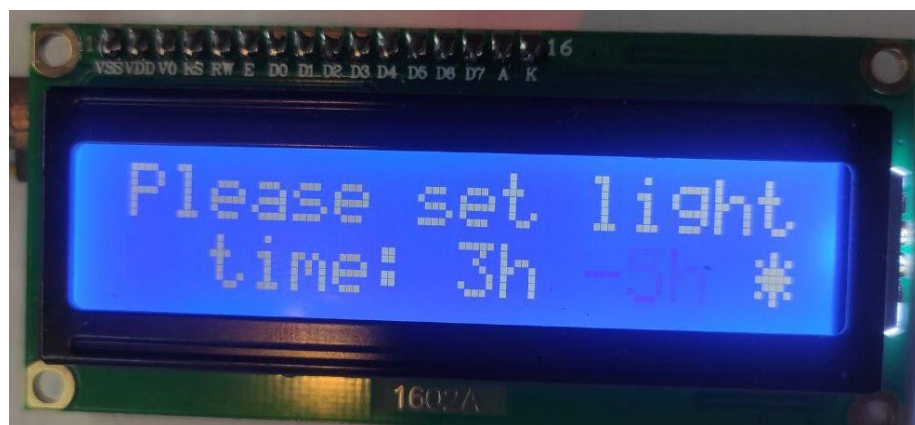


Рисунок 2.18 – Встановлення часу роботи

Для встановлення часу роботи освітлення необхідно викрутити потенціометр вліво, значення почне мигати. Кнопками «Вліво» та «Вправо» встановлюємо початковий час роботи. Потім потенціометр необхідно викрутити вправо щоб встановити кінцевий час роботи. При невірному заданні часового режиму(наприклад 1h-1h), відобразиться повідомлення про помилку. При подальшому натисканні кнопки «Вибору», як і в першому випадку, на одну секунду відобразиться підтвердження параметру(рис. 2.19).



Рисунок 2.19 – Підтвердження часу роботи освітлення

При помилковому натисканні кнопок «Вліво» та «Вправо», виході за крайні значення дисплею, екран блимне та оновить екран. Також в режимі встановлення значень, не можна вийти за максимальне (70) та мінімальне значення (5).

На таб. 2.6 можна побачити, які параметри за що відповідають та який актюатор вмикається при виході за крайні значення.

Таблиця 2.6 – Позначення параметрів та їх значення

Позначення	Параметр	Актюатор
H, %	Мінімальна вологість повітря	Ультразвуковий розпилювач води
T, °C	Мінімальна температура повітря	Елемент Пельт'є або тен (спіраль)
L	Мінімальний рівень освітлення	LED-стрічка
G	Мінімальний рівень вологості ґрунту	Водяна помпа
«рівень» та «вітер»	Максимальна температура повітря	Вентилятор
«дзвінок» та «сонце»	Час роботи освітлення	LED-стрічка
«рівень» та «сонце»	Яскравість освітлення	LED-стрічка
«капля» та «дзвінок»	Час роботи водяної помпи	Водяна помпа

2.6 Висновок до другого розділу

Для створення пристрою було розроблено функціональну схему з її подальшим вдосконаленням, яка дозволила зібрати прототип на макетній платі. Реалізовано програмний код, завдяки чому було налагоджено роботу всіх сенсорів та актюаторів. Для керування даною системою використовується панель керування та ПЧ пульт, що дозволяє зручно змінювати діапазон параметрів мікроклімату. Всі необхідні дані відображаються на LCD екрані, дані на якому оновлюються щосекунди. Для роботи з дисплеєм, модулем часу, ПЧ та DHT11 сенсором було підібрано відповідні бібліотеки, які з легкістю дозволили користуватися даними модулями.

Для спрощення коду було створено функції

3 СТВОРЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ПРИЛАДУ

Друкована плата – це спеціальна пластина, на якій розміщено електропровідні ланцюги електронної схеми. Даний малюнок розміщується на діелектричній підкладці, матеріалі, що не проводить струм.

Найбільший попит на сьогоднішній день є на двошарові та багатошарові друковані плати для електроніки. Їх головна особливість полягає в тому, що вони містять провідний малюнок відразу з обох сторін і між шарами діелектрику.

Малюнок на таких пристроях виконується з мідної фольги. На друкованій платі розміщені спеціальні контактні майданчики та монтажні отвори, що з легкістю дозволяють виконувати монтаж необхідних компонентів [17].

Відносно кількості шарів провідного малюнку друковані плати поділяють на:

- Односторонні – плати лише з одним шаром провідного матеріалу, що нанесений на одну сторону діелектрика.
- Двосторонні – плата, що володіє відразу двома шарами.
- Багатошарові – це особливий вид плат, що виробляється шляхом нашарування один на одного шарів. У таких платах, на відміну від двосторонніх, провідний малюнок знаходиться також всередині самої плати.

Також варто зазначити, що плати можуть бути як жорсткими, так і гнучкими.

Для виготовлення текстоліту використовують високоякісні діелектрики. На сьогоднішній день у виробництвах застосовують гетинакс або ж склотекстоліт.

3.1 Середовище для створення друкованої плати

Для створення РСВ використовуються спеціальні програми, такі як[18]:

- Sprint-Layout – доволі популярна та проста у використанні;
- Eagle – популярне ПЗ для креслення електричних схем і подальшої автотрасування друкованих плат, система автоматизованого наскрізного проектування електричних схем і розведення друкованих плат;
- DipTrace – система автоматизованого наскрізного проектування електричних схем і розведення друкованих плат;
- ExpressPCB – проста у вивченні і зручна в роботі система ручного проектування друкованих плат;
- Altium Designer – професійна система автоматизованого проектування друкованих плат від розробників легендарного P-CAD, що надає найширші можливості по створенню електронних пристроїв;
- EasyEDA – онлайн платформа для створення друкованих плат, яка також виготовляє їх на замовлення;
- PROTEUS – багатофункціональна програма для автоматизованого проектування електронних схем та друкованих плат, яку ми використовували при виконанні курсової роботи з курсу «Цифрова схемотехніка».
- т. д.

Кожна програма має свої переваги та недоліки, але мій вибір ліг між середовищем EasyEDA та PROTEUS. Так як Easy IDE – це онлайн середовище та містить бібліотеку з великою кількістю компонентів, було вирішено використати саме це рішення.

Перед початком створення друкованої плати необхідно зареєструватися та створити проект з електричною схемою приладу. Інтерфейс середовища (рис.3.1)

простий в освоєні, тому після перегляду декількох відео-курсів можна приступати до створення друкованої плати

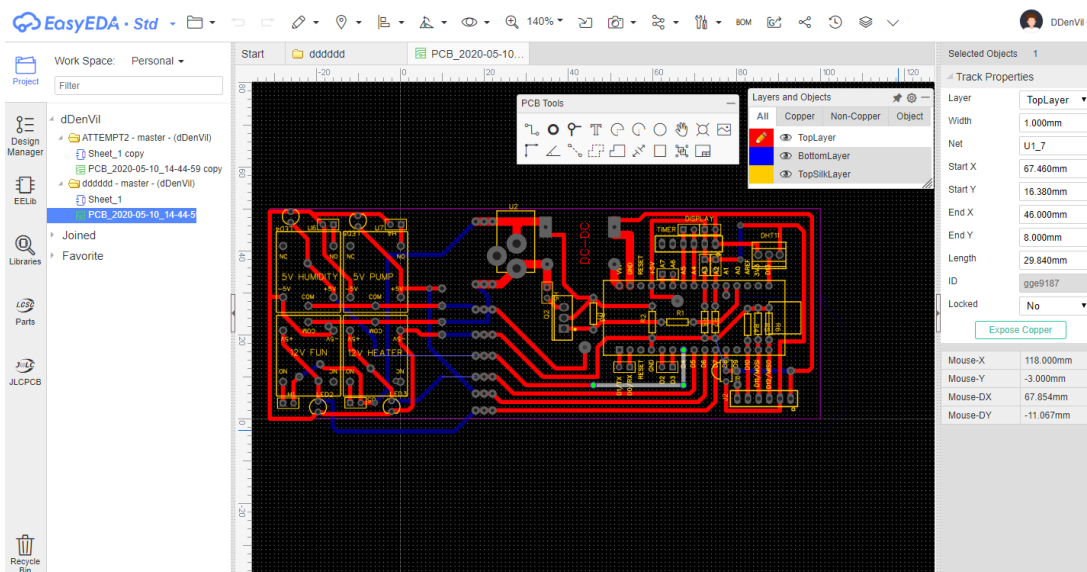


Рисунок 3.1 Середовище EasyEDA

Необхідною умовою при створенні PCB, були розміри 5x10 см. та розміщення, як найбільшої кількості доріжок на одній стороні, оскільки текстоліт односторонній.

При першому проектуванні та розведенні доріжок, я намагався розмістити всі компоненти на даній області, що було дуже складно. Виготовивши плату та виконавши монтаж компонентів, виявилось, що деякі функції не працювали, та цілком підключення компонентів було не зручним. Тому було вирішено спроектувати нову плату, де буде розміщуватися логічна частина (без реле). Таким чином можна буде використати частину плати першої версії (рис. 3.2) з реле та підключити до нової частини (рис 3.3). Також для усунення можливості закорочування, не використовувалося заливання пустих областей з підтягуванням до виводу GND.

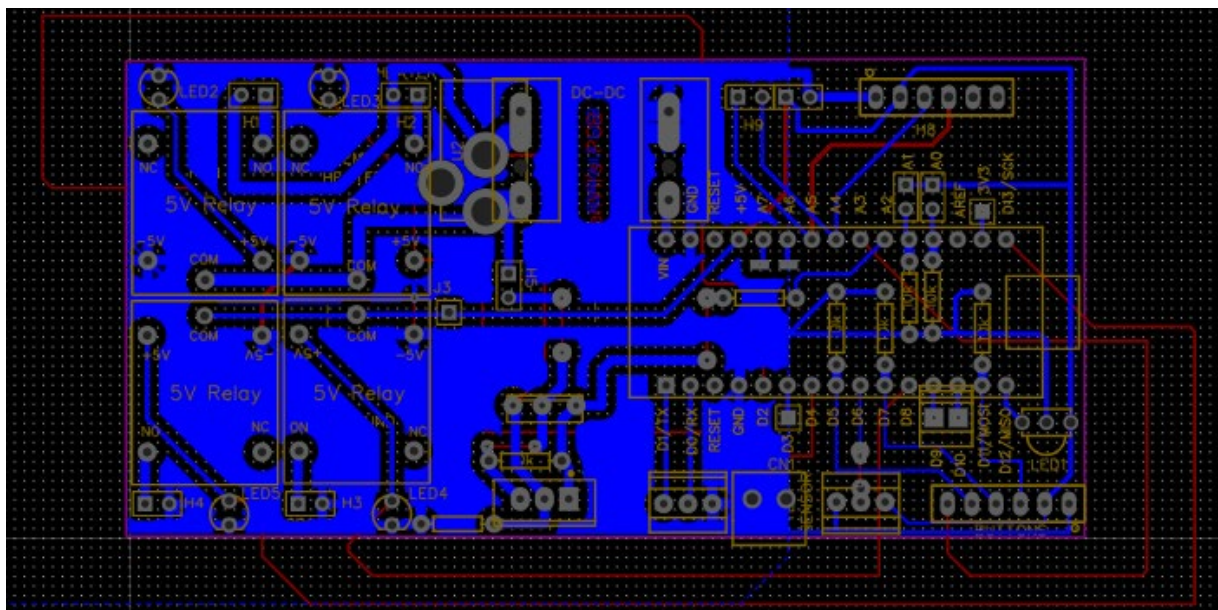


Рисунок 3.2 PCB V1.0

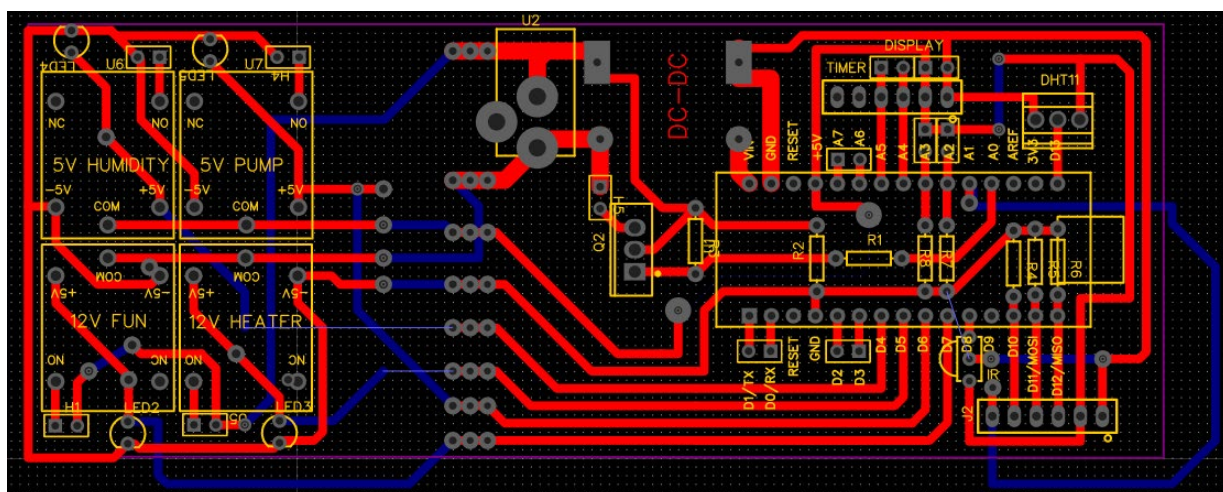


Рисунок 3.3 PCB V2.0

3.2 Етапи при створенні друкованої плати

Оскільки було реалізовано декілька версій плат, то будуть використані рисунки обох версій. Загалом процес виготовлення друкованої плати можна розділити на такі етапи:

- Формування фотошаблону – в EasyEDA обираємо необхідні шари та друкуємо шаблон (рис.3.4) в дзеркальному вигляді на лазерному принтері. Після друку на друкований шар наноситься липка стрічка. Потім з допомогою водного розчину вимивається папір. В результаті на липкій стрічці залишається необхідний фотошаблон(тонер). Повторюємо операцію та накладаємо обидва шаблони один на одного, щоб утворити більш щільний шар тонеру

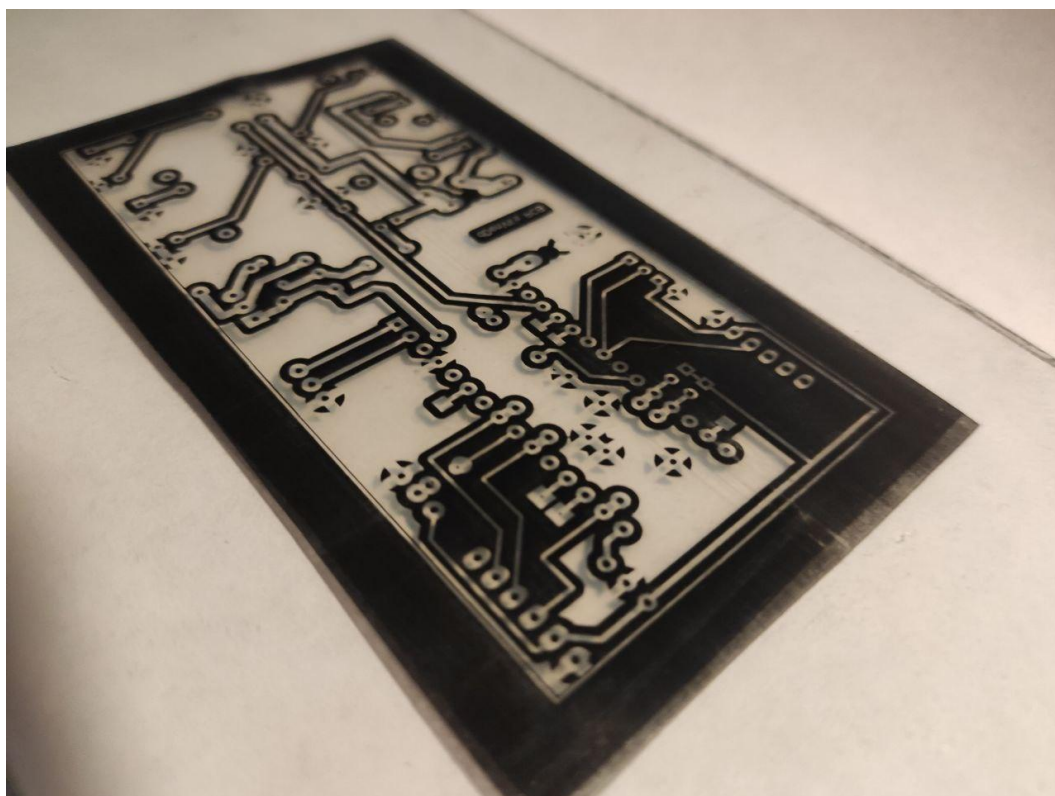


Рисунок 3.4 – Фотошаблон на липкій стрічці

- Нанесення фоторезисту на друковану плату (рис. 3.5) – перед початком виконання даної операції текстоліт потрібно зашкурити та обезжирити для кращого контакту поверхонь між собою. Знявши захисну плівку з фоторезисту нанесемо її на плату, не допускаючи утворення бульбашок . Потім потрібно з допомогою праски остаточно зафіксувати їх між собою.

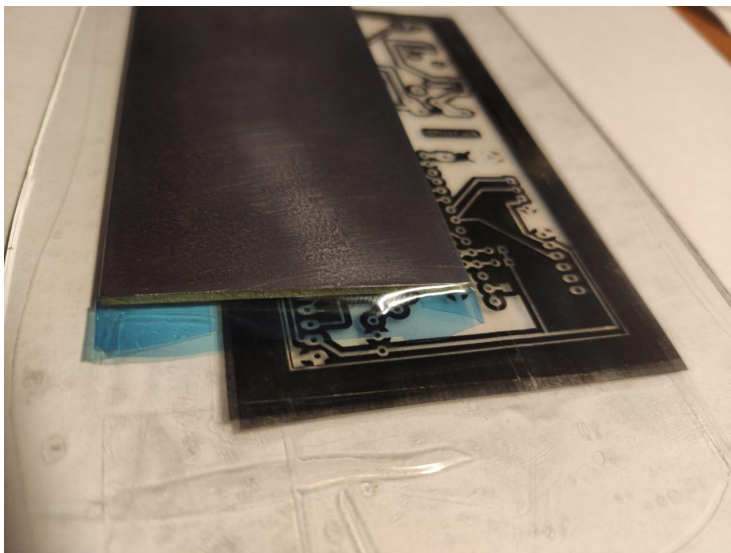


Рисунок 3.5 – Фоторезист на текстоліті

- Перенесення фотошаблону на текстоліт – наклеюємо фотошаблон на фоторезист;
- Експонування – плату, на яку нанесений фоторезист, необхідно піддати опроміненню ультрафіолетовому випромінюванню через фотошаблон, використовуючи УФ-установку (рис 3.6), яка була призначена як детектор банкнот [19]. Це процес який потребує певної кількості спроб для визначення часу експонування, в моєму випадку він займає 4 хвилини;



Рисунок 3.6 – УФ-установка

- Проявлення (рис. 3.7) – це процес видалення фоторезисту, що був не засвічений (знаходився під шаром тонеру). В якості розчинника використовувався розчин карбонату калію(кальцинованої соди). Даний етап займає 5 хвилин. Перед його початком необхідно зняти захисну плівку з фоторезисту. Області, що повинні бути під шаром фоторезисту, але вони не покриті, можна замалювати маркером, який захистить ту область від травлення. Після ретельного промивання під проточною водою можна приступати до наступного етапу;

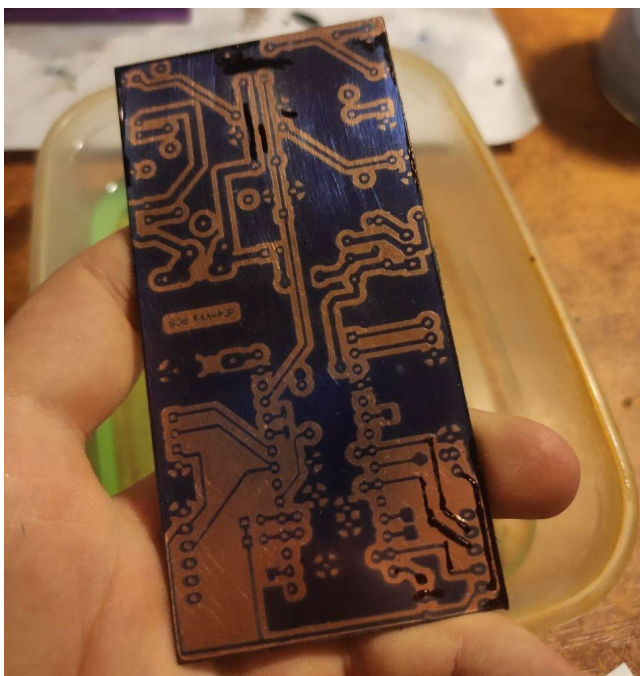


Рисунок 3.7 – Проявлений шар фоторезисту

- Травлення (рис. 3.8) – зазвичай в якості розчину для травлення використовують хлорид заліза. Хлорид заліза травить будь-який метал, включаючи нержавіючу сталь [10]. Оскільки це дуже шкідлива речовина, було вирішено використовувати розчин зі 100 мл. перекисю водню, 30 г. лимонної кислоти та 5 г. кухонної солі.

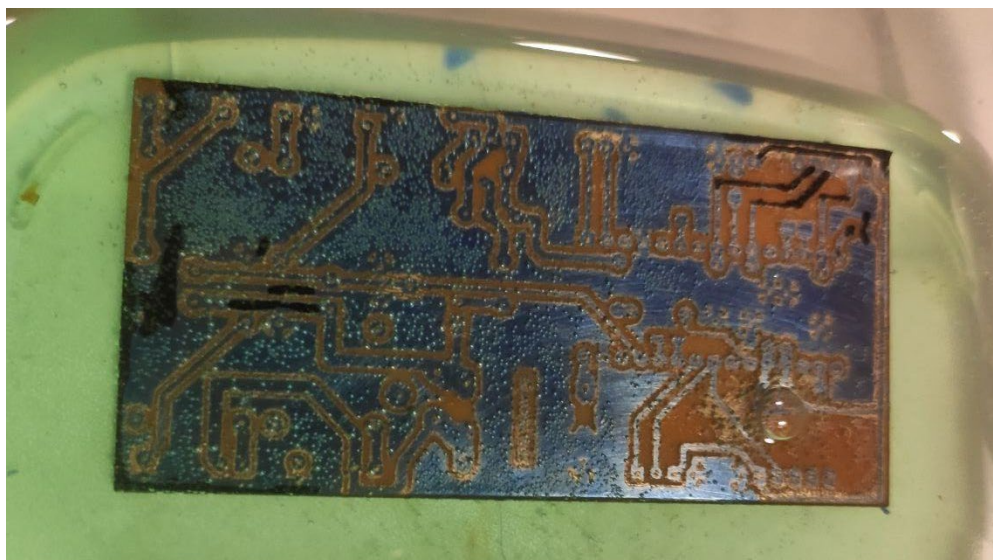


Рисунок 3.8 – Травлення плати

- Остаточне видалення фоторезисту – можна виконати в тому ж розчині що використовували для проявлення, але це займе більше доби. Тому використаємо розчин з гідроксиду натрію та кропу, що миттєво розчинить остаточний фоторезист.
- Нанесення паяльної маски – маска (рис. 3.9) призначена для захисту друкованої плати від зовнішнього середовища. Нанесення однокомпонентної маски відбувається методом шовкографії або з допомогою флісової плівки;



Рисунок 3.9 – Однокомпонентна паяльна маска

- Створення фотошаблону для отворів (рис. 3.10) – в середовищі можна обрати для експорту зображення отворів та паяльних місць;

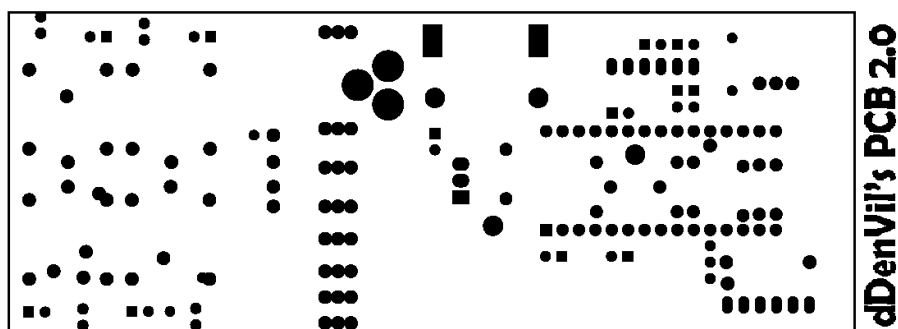


Рисунок 3.10 Фотошаблон для паяльної маски

- Перенесення фотошаблону на текстоліт – аналогічний процес;
- Експонування – аналогічний процес;
- Видалення залишкової маски – виконується з допомогою ватного диску та ацетону;
- Дублення – це остаточне затвердіння маски, яке виконується в печі упродовж 15-30хв.;
- Свердлення отворів – з допомогою спеціального інструменту (рис 3.11) було просвердлено отвори розмірами 1 та 2мм. Даний етап потрібно виконувати з особливою прискіпливістю, оскільки найменший здвиг може пошкодити доріжки або в даний отвір не стане певний компонент;

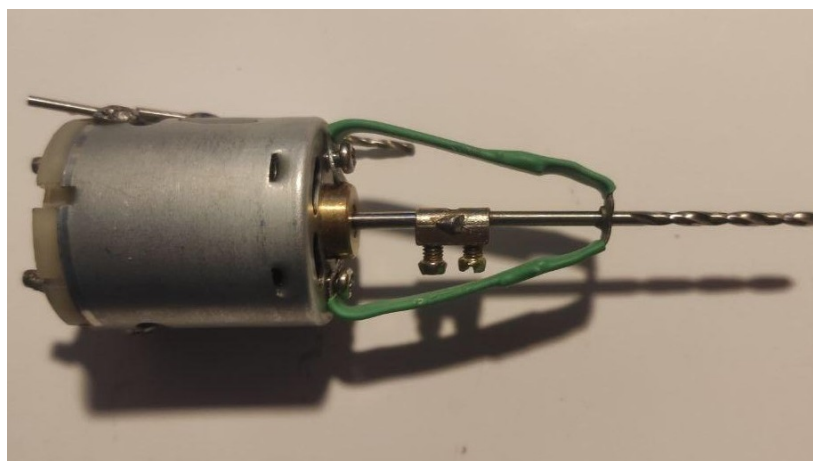


Рисунок 3.11 Інструмент для свердлення отворів

- Залужування майданчиків – даний етап виконувався при безпосередньому монтуванні елементів на друковану плату. Готовий результат можна спостерігати на рис.3.12;

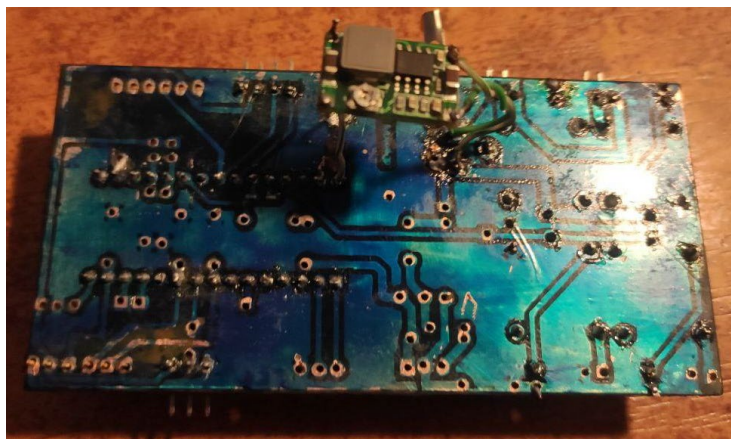


Рисунок 3.12 – Друкована плата з паяльною маскою

- Обрізання зайвого текстоліту – в моєму випадку ця операція не виконувалася, бо відсутній відповідний інструмент. Цей етап виконує естетичну функцію, якщо немає вимог до габариту приладу.

Фінальний результат при комутації частин обох версій плат з встановленими на них компонентами можна побачити на рис.3.13 та рис.3.14.

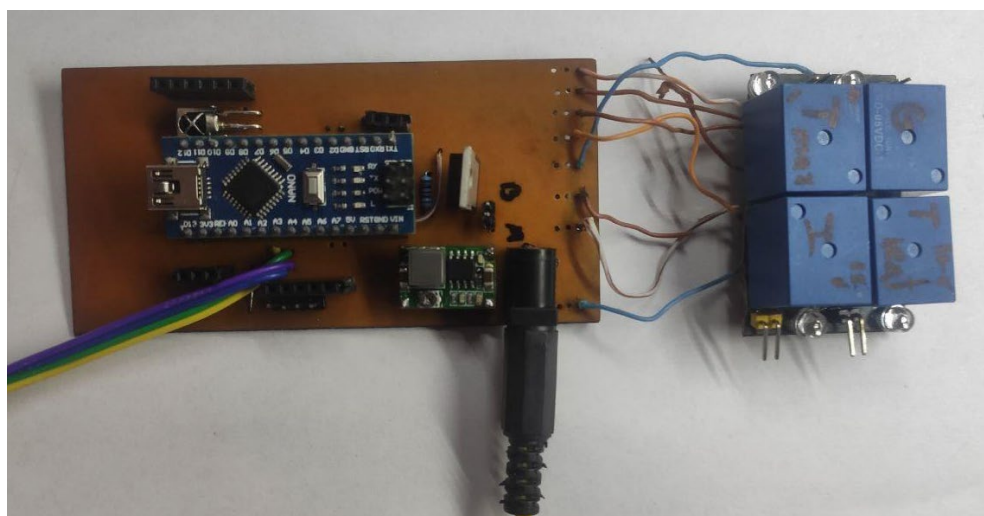


Рисунок 3.13 – Передня сторона РСВ

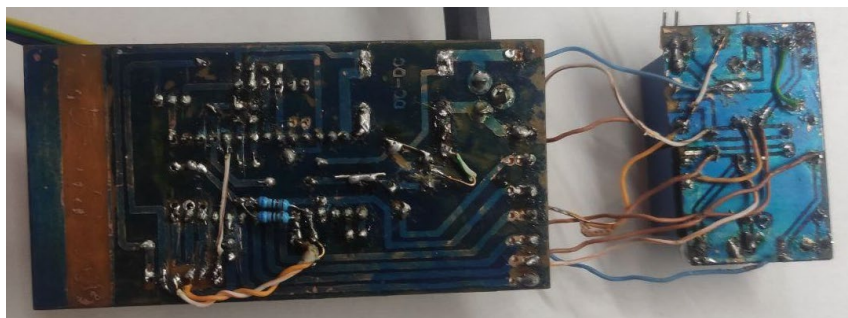


Рисунок 3.14 – Задня сторона РСВ

У зв'язку з виходом зі строю двох цифрових пінів панелі керування, їх було замінено на інші, шляхом перерізання доріжок та запаювання окремих резисторів і дрітів.

3.3 Створення компактного грінхаус боксу

Для повного завершення даного проекту було розроблено даний бокс (рис. 3.15), який буде виготовлено зі скла товщиною 2 мм. (багетне), розмірами 266x248x156 мм (ШxГxВ). В його основі лежить п'ятикутник зі сторонами 100мм, а бокові сторони розмірами 210x100мм.



Рисунок 3.15 – Макет грінхаус боксу

В одній зі сторін буде отвір для розміщення пристрою контролю мікроклімату. З'єднання частин скла відбуватиметься з допомогою силікону, що забезпечить герметичність та естетичність даного виробу. Також для зручного доступу буде відкриватися скляна кришка. Отриманий результат (рис. 3.16), без кришки, тому що в наявності не було необхідного елемента кріплення.



Рисунок 3.16 – Готовий грінхаус бокс

3.4 Висновок до третього розділу

При виготовленні друкованих плат найбільше спроб зайняв процес експонування фоторезисту. Оскільки це був мій перший досвід у роботі з фоторезистом, необхідно було підібрати необхідну УФ лампу, визначити час експонування та добре зафіксувати фоторезист на текстоліті. Також найбільш кропітким був процес свердлення отворів.

Загалом проектування та виготовлення обох плат зайняло більше двох тижнів. Зайвим не буде розмістити повністю зібраний та підключений пристрій (Додаток Е) в захисному корпусі для подальшої його експлуатації. Але краще вважати даний проект прототипом на якому було відпрацьовано всі кроки виготовлення компактної системи контролю мікроклімату від розробки електричної принципіальної схеми до монтажу компонентів на плату.

ВИСНОВКИ

В даній роботі було розглянуто та розроблено компактну систему підтримання мікроклімату для рослин. Складовими параметрами мікроклімату являється температура, вологість повітря, вміст газового складу атмосфери та вологість ґрунту.

Основним компонентом даного пристрою є мікроконтролер, що забезпечує отримання даних з сенсорів, їх обробки та формуванні відповіді, шляхом певних виконавчих підсистем. Виготовлено друковану плату на якій розміщені всі необхідні компоненти.

Характеристики приладу визначаються якістю датчиків. В даному випадку датчик DHT11 забезпечує діапазон вимірювання температури від 0 до 50°C з похибкою в 2°C та вологості від 20 до 90 % з похибкою в 5 %. До фото-датчика не висувається особливих вимог, так як налаштування освітлення відбувається на місці, шляхом спроб. Елементарна заміна датчиків на більш якісні покращить характеристики всієї системи.

Під час випробування прототипу було отримано практичний досвід проектування та побудови електронної системи керування мікрокліматом. У подальшому цей прототип буде випробувано у міні-парнику.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Контроль мікроклімату офісних приміщень і створення якісних умов праці за допомогою приладів від Delta Ohm – Режим доступу до ресурсу : <http://labprice.ua/ru/stati/stati-ob-izmeritelnyih-priborah/kontrol-mikroklimate-ofisnyih-pomeshheniy-i-sozdanie-kachestvennyih-usloviy-truda-s-pomoshhyu-priborov-ot-delta-ohm/>
2. Гігієнічні нормативи параметрів мікроклімату житлових приміщень – Режим доступу до ресурсу : <http://13.rospotrebnadzor.ru/news/133920>
3. Білик Т. Ю. Лабораторний практикум по курсу «Електронні сенсори» для студентів напряму підготовки 6.070801 Мікро- та наноелектроніки освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за спеціальністю «Фізична та біомедична електроніка» / Т. Ю. Білик, Т.А. Саурова, О.М. Шмирева – К.:НТУУ «КП», 2012. – 52 с., 20 рис.
4. Датчик вологості та температури DHT11 ARDUINO – Режим доступу до ресурсу : <https://arduino.ua/prod185-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht11>
5. Варіанти мікроконтролерів – Режим доступу до ресурсу : https://losst.ru/luchshie-analogi-arduino#1_Raspberry_Pi_Zero
6. Що таке Arduino? – Режим доступу до ресурсу : <http://arduino.ru/About>
7. Плати Arduino – Режим доступу до ресурсу : <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/>
8. Апаратна частина платформи Arduino – Режим доступу до ресурсу : <http://arduino.ru/Hardware>
9. Arduino Nano: розпіновка, схема підключення та програмування – Режим доступу до ресурсу : <http://wiki.amperka.ru/продукты:arduino-nano>
10. Середовище розробки Arduino IDE – Режим доступу до ресурсу : http://arduino.ru/Arduino_environment
11. Що таке реле: види та принцип роботи – Режим доступу до ресурсу : <https://www.radioelementy.ru/articles/chto-takoe-rele/>

12. Принцип роботи ІЧ пульту керування – Режим доступу до ресурсу :
https://led-displays.ru/ir_remote_theory.html
13. DS3231 RTC Модуль годиннику реального часу – Режим доступу до ресурсу : https://3v3.com.ua/product_7518.html
14. Дисплей LCD1602 – Режим доступу до ресурсу :
<https://smartelements.ru/collection/displei-i-indikatory/product/display-lcd1602-2-strochnyy-s-i2c-modulem-2>
15. Понижающий DC-DC конвентор – Режим доступу до ресурсу :
<http://www.mantech.co.za/datasheets/products/MINI-360-R0.pdf>
16. Характеристики мікросхеми LM317T – Режим доступу до ресурсу :
<https://shematok.ru/stabilizatory/lm317t>
17. Виготовлення друкованих плат для електроніки – Режим доступу до ресурсу : <https://renome.biz/uk/izgotovlenie-pechatnih-plat-dlja-jelektroniki/>
18. Програми для проектування друкованих плат – Режим доступу до ресурсу : https://cxem.net/software/soft_PCB.php
19. Керівництво по виготовленню плати в домашніх умовах– Режим доступу до ресурсу : <https://cxem.net/master/12.php>

Додаток А

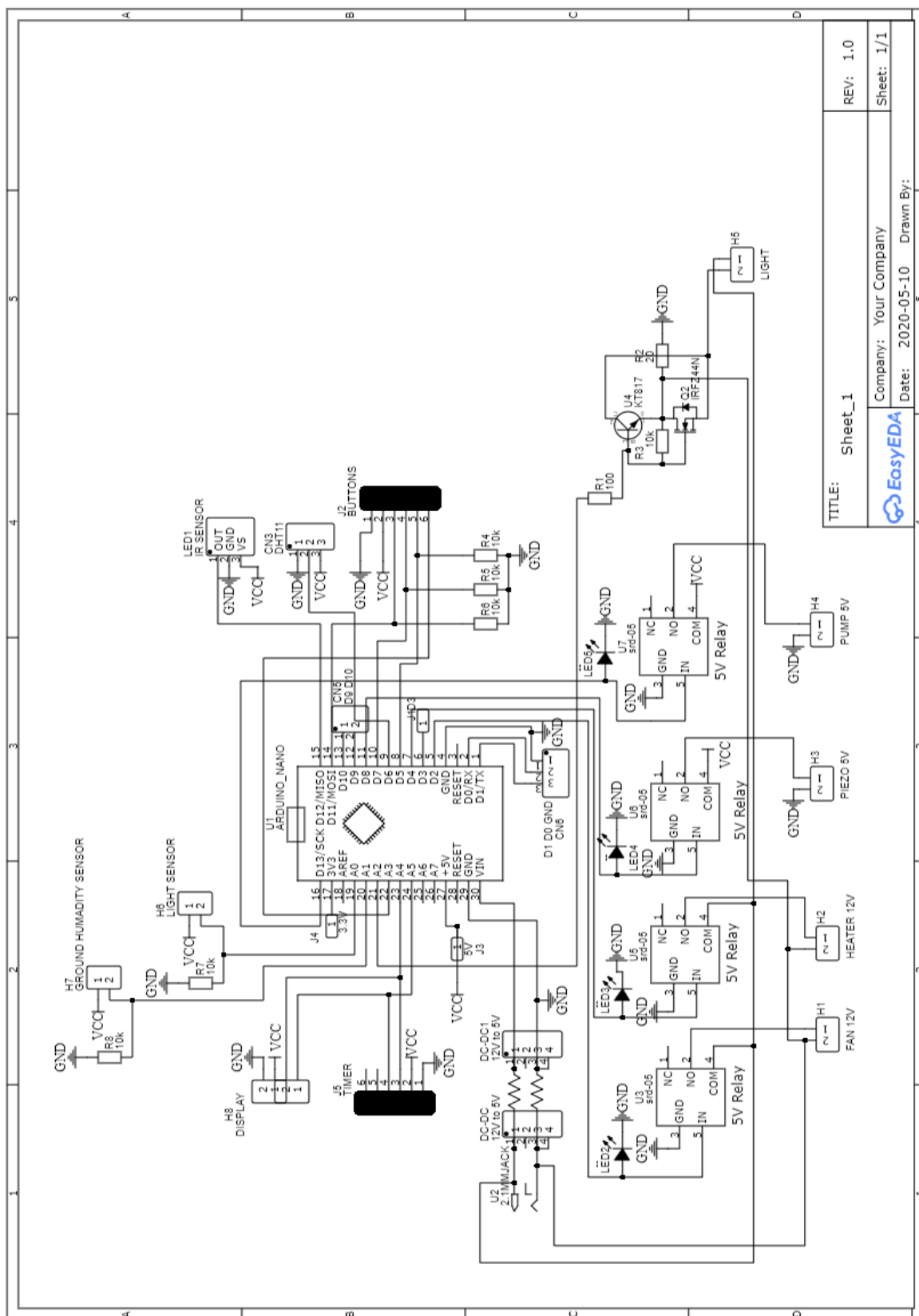
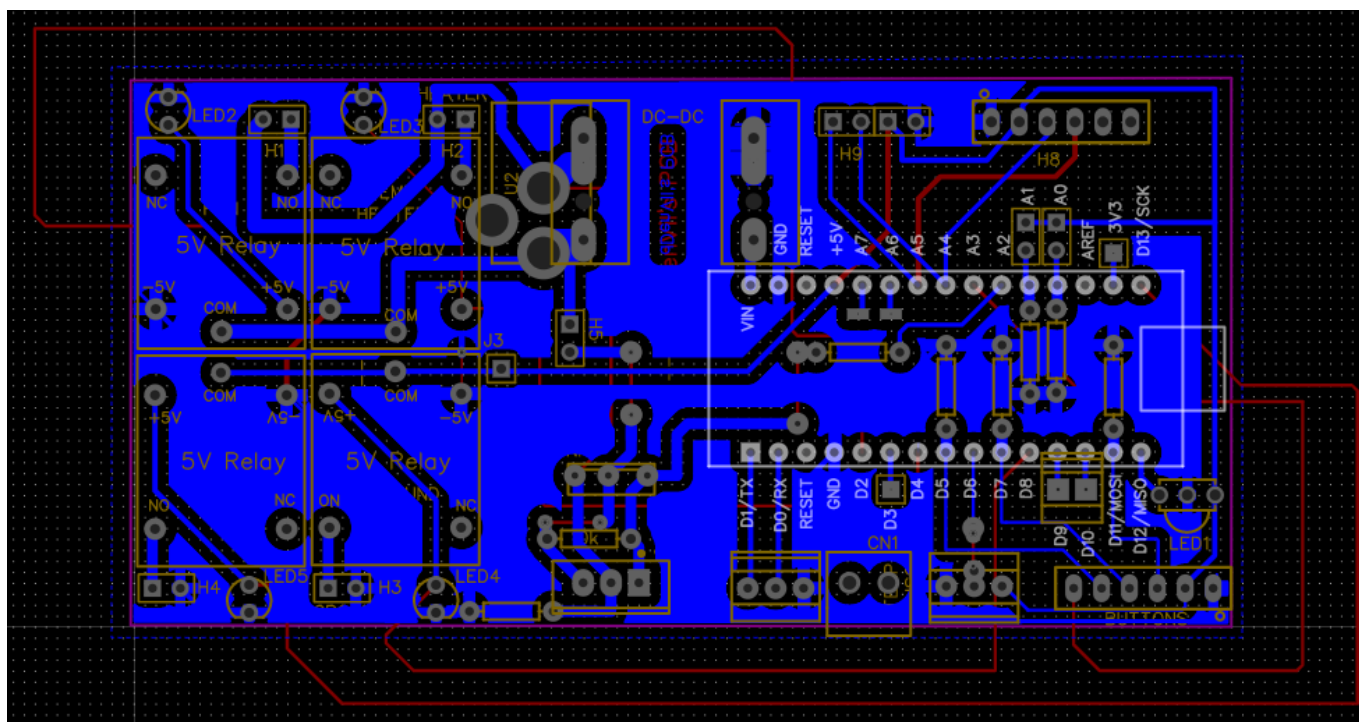
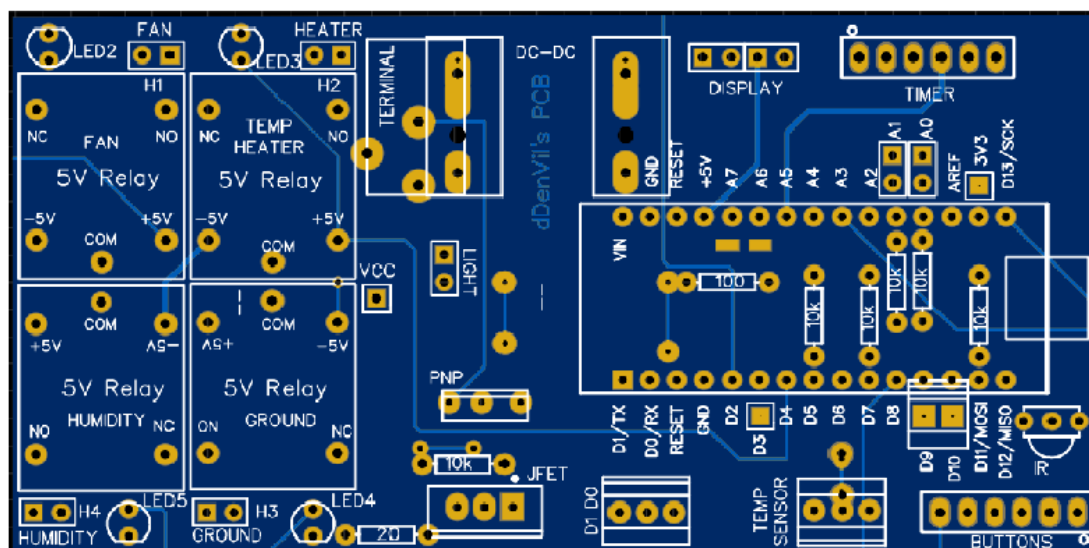


Рисунок А.1 – Електрична схема першої версії пристрою

Додаток Б



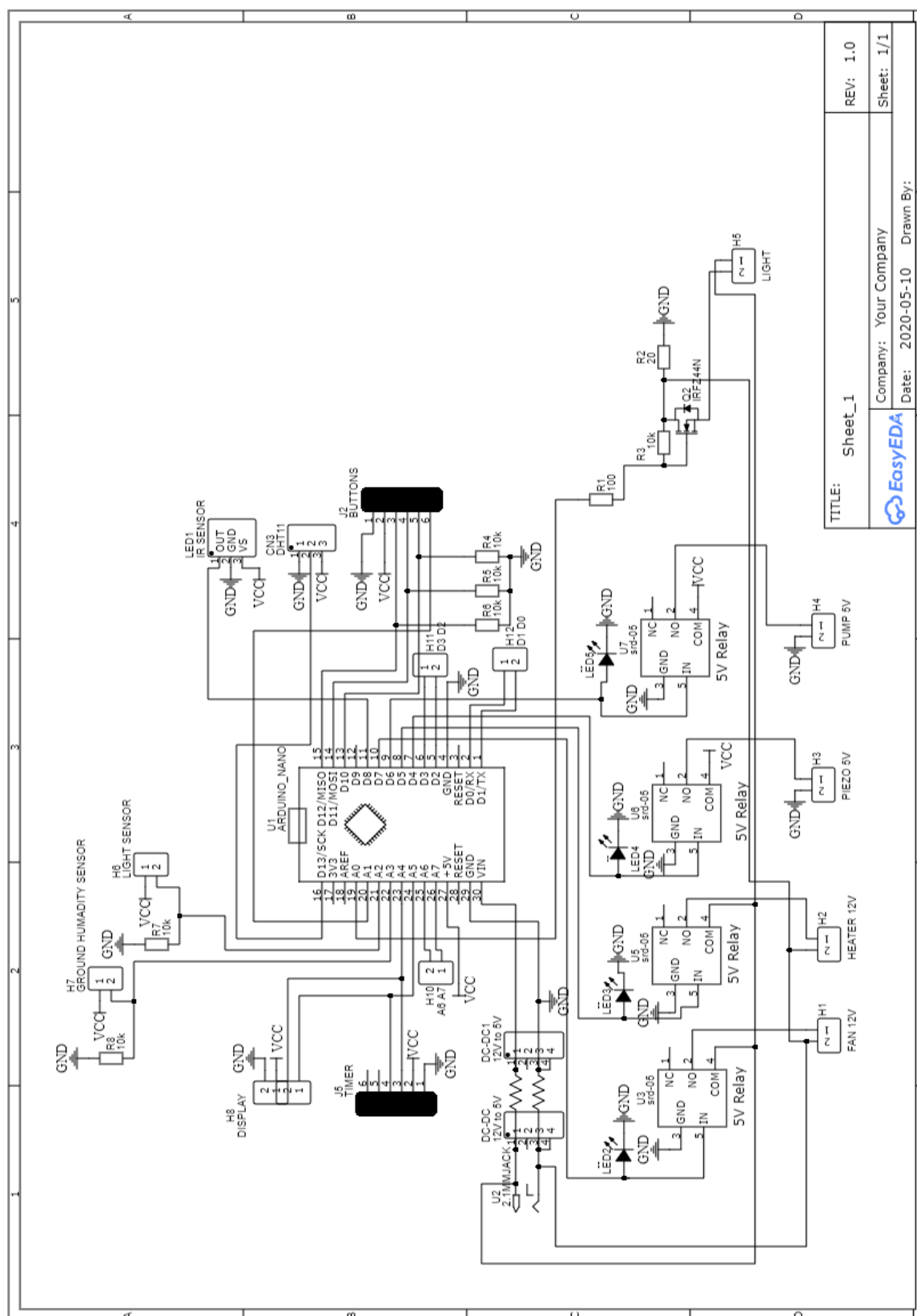
а



б

Рисунок Б.1 – Друкована плата першої версії: а – розведення доріжок; б – зовнішній вигляд з нанесеною маскою та шовкографією

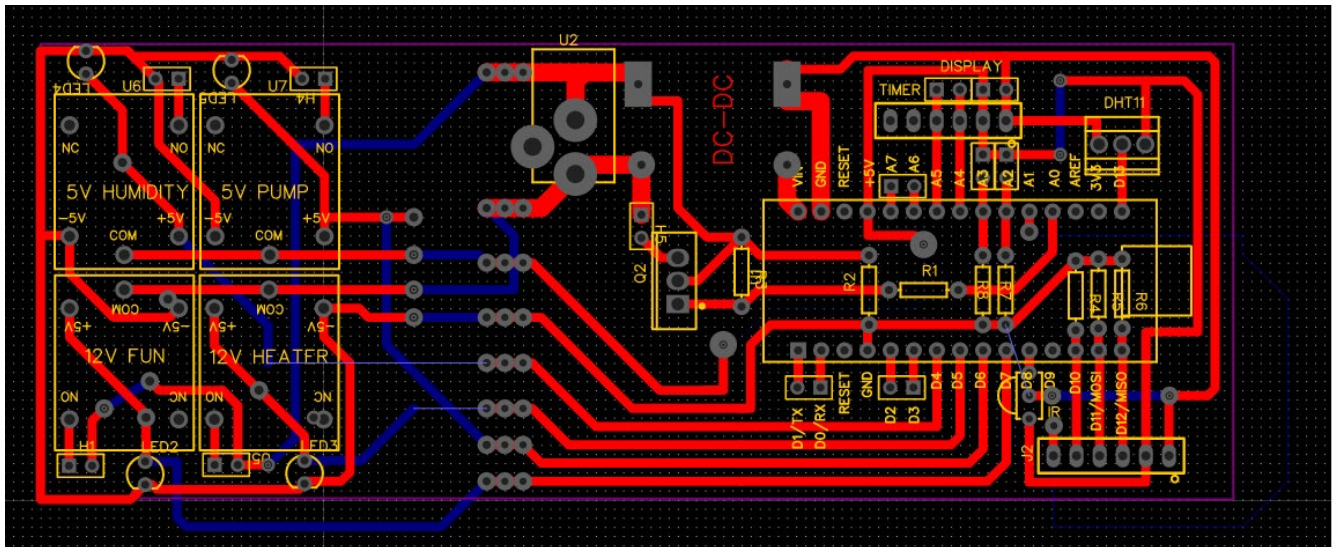
Додаток В



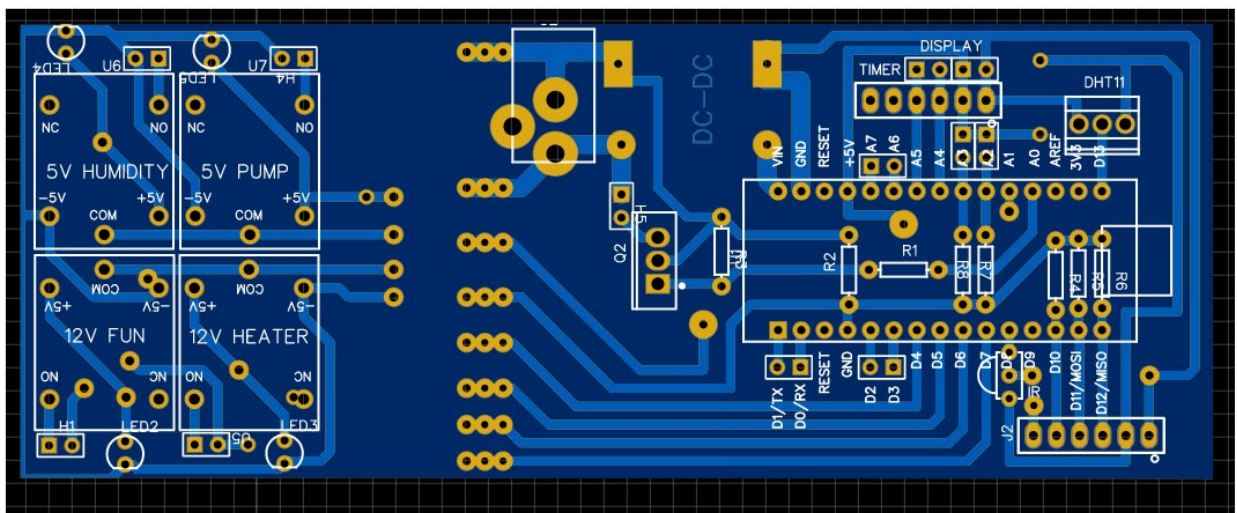
dDenVil

Рисунок В.1 – Електрична схема другої версії пристрою

Додаток Г



а



б

Рисунок Г.1 – Друкована плата другої версії: а – розведення доріжок; б – зовнішній вигляд з нанесеною маскою та шовкографією

Додаток Д

```
void funDisp(int x){
display=display+x;
    trig1=true;
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(          ); печатаем текст
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(          ); печатаем текст

}

if (display==3)
{
    display=2;
    Serial.print(out of max range of display);
}
else if (display==0)
{
    display=1;
    Serial.print(out of min range of display);
}
}

void clear (){
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(          ); печатаем текст
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(          ); печатаем текст
    lcd.setCursor(0,0);
}

int select(int x) {
```

```

    if (butt1==HIGH && trig1==false){
        trig1=true;
        x+=1;
    }
    if (butt1==LOW && trig1==true){
        trig1=false;
    }
    if (butt2==HIGH && trig2==false){
        trig2=true;
        x-=1;
    }
    if (butt2==LOW && trig2==true){
        trig2=false;
    }
    if (x=0)
    {
        x=1;
        Serial.print(out of min range of choosing parametrs);
    }
    else if (x14)
    {
        x=14;
        Serial.print(out of max range of choosing parametrs);
    }

    delay(100);
    Serial.println(x);
    return(x);
}

int select2 (int x) {

```

```
        switch (x) {  
case 1  
    lcd.setCursor(13,1);  
    lcd.print( );  
    lcd.setCursor(12,1);  
    lcd.print(5);  
    y=5;  
    break;  
case 2  
    lcd.setCursor(12,1);  
    lcd.print(10);  
    y=10;  
    break;  
case 3  
    lcd.setCursor(12,1);  
    lcd.print(15);  
    y=15;  
    break;  
case 4  
    lcd.setCursor(12,1);  
    lcd.print(20);  
    y=20;  
    break;  
case 5  
    lcd.setCursor(12,1);  
    lcd.print(25);  
    y=25;  
    break;  
case 6
```

```
lcd.setCursor(12,1);  
lcd.print(30);  
y=30;  
break;  
case 7  
lcd.setCursor(12,1);  
lcd.print(35);  
y=35;  
break;  
case 8  
lcd.setCursor(12,1);  
lcd.print(40);  
y=40;  
break;  
case 9  
lcd.setCursor(12,1);  
lcd.print(45);  
y=45;  
break;  
case 10  
lcd.setCursor(12,1);  
lcd.print(50);  
y=50;  
break;  
case 11  
lcd.setCursor(12,1);  
lcd.print(55);  
y=55;  
break;
```

```

case 12
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print(60);
y=60;
break;
case 13
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print(65);
y=65;
break;
case 14
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print(70);
y=70;
break;
    }
    return y;
}

void selectConfirm (int x, char ms[], char mt[]) {
    if (butt3==HIGH && trig3==false){    підтвердження мін
        clear();
        trig3==true;
        lcd.setCursor(3,0);
        lcd.print(OK! Minimum );
        lcd.setCursor(0,1); устанавлюваєм курсор
        lcd.print(ms);
        lcd.print(x);
        if(i==4){                                малює сонечко при підтвердженні освітлення
            lcd.write(2);

```



```

    }
    if(i==5){
        малює каплю при підтверджені вологості ґрунту
        lcd.write(3);
    }
    lcd.print(mt);
    delay(1000);
    clear();
    i=0;
}
if (butt3==LOW && trig3==true){
    trig3=false;
}
}

void selectConfirm2 (int x, char mr[],char ms[], char mt[]) {
    if (butt3==HIGH && trig3==false){    підвердження мін
        clear();
        trig3==true;
        lcd.setCursor(3,0);
        lcd.print(OK! );
        lcd.print(mr);
        lcd.setCursor(0,1); устанавлюємо курсор
        lcd.print(ms);
        lcd.print(x);
        if(i==4){
            малює сонечко при підтверджені освітлення
            lcd.write(2);
        }
        if(i==5){
            малює каплю при підтверджені вологості ґрунту
            lcd.write(3);
        }
    }
}

```

```
    lcd.print(mt);
    delay(1000);
    clear();
    i=0;
}
if (butt3==LOW && trig3==true){
    trig3=false;
}
}

void solo_mid(){
    lcd.setCursor(6,0);
    lcd.print( ); печатаем текст
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print( ); печатаем текст
    if (num=0){
        num=1;
    }
    else if (num4){
        num=4;
    }
}
```

Додаток Е

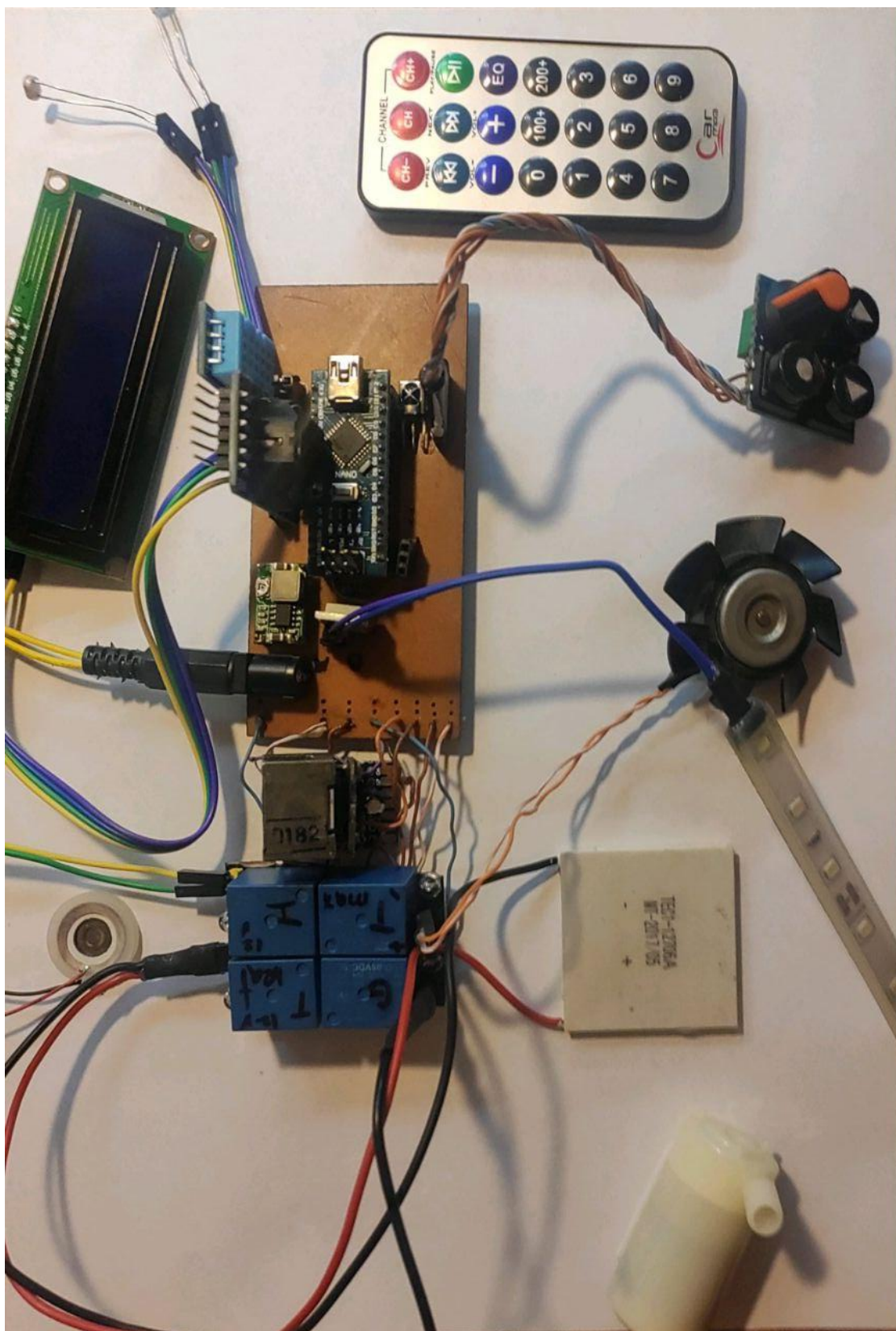


Рисунок Е.1 – Зовнішній вигляд пристрою з встановленими модулями